

AALTO-YLIOPISTO

Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu

Maisema-arkkitehtuurin koulutusohjelma

Luonnonmukaisen hulevesien hallinnan sovittaminen olemassa olevaan kaupunkiympäristöön

Selvitys suunnittelun vaiheista ja haasteista esimerkkikohteina Latokartanonkaari ja
Agnes Sjöbergin katu Helsingin Viikissä

Kandidaatintyö

8.5.2017

Elina Inkiläinen

Tekijä Elina Inkiläinen

Työn nimi Luonnonmukaisen hulevesien hallinnan sovittaminen olemassa olevaan kaupunkiympäristöön: Selvitys suunnittelun vaiheista ja haasteista esimerkkikohteina Latokartanonkaari ja Agnes Sjöbergin katu Helsingin Viikissä

Laitos Arkkitehtuurin laitos

Koulutusohjelma Maisema-arkkitehtuuri

Vastuuopettaja Meri Mannerla-Magnusson

Ohjaaja Elisa Lähde, Matleena Muhonen, Outi Wahlroos (Helsingin yliopisto)

Vuosi 2017

Sivumäärä 30

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Hulevesi, eli läpäisemättömälle pinnalle päätyvä sade- ja sulamisvesi, voi aiheuttaa tulvia tiiviissä kaupunkiympäristössä sekä veden laadun ja elinympäristöjen heikkenemistä vastaanottavissa vesistöissä. Ilmastomuutoksen myötä todennäköisesti lisääntyvien sateiden vuoksi hulevesien hallinnan luonnonmukaistamiseen on alettu etsiä uusia keinoja. Yksi tulevaisuudessa merkitystään lisäävä keino on niin kutsutut hulevesien hallinnan "retrofit"-ratkaisut, jotka sovitetaan olemassa olevaan kaupunkirakenteeseen. Retrofit-suunnittelu on kuitenkin haastavaa ja aikaa vievää, eikä siitä ole Suomen olosuhteista juurikaan dokumentoituja kokemuksia.

Tässä kandidaatintutkielmassa perehdyttiin esimerkkinä toimivien tutkimushankkeiden kautta luonnonmukaisen hulevesien hallinnan retrofit-ratkaisujen suunnitteluprosessiin. Esimerkkeinä toimivat Latokartanonkaari ja Agnes Sjöbergin katu Helsingin Viikissä. Suunnitteluprosessista pyrittiin tunnistamaan erilaisia haasteita ja kehitystarpeita, jotka liittyvät etenkin retrofit-ratkaisujen suunnitteluun ja toteutukseen. Tavoitteena on kehitystarpeita tunnistamalla edistää retrofit-rakenteiden suunnittelua tulevaisuudessa.

Tarkasteltavassa prosessissa tunnistettiin vaiheet: 1) lähtötietojen ja kohteen valinta, 2) konseptuaalinen suunnittelu, 3) toteutussuunnittelu ja toteutusasiakirjojen laadinta, 4) rakentaminen sekä 5) seuranta. Kandidaatintyössä keskityttiin vaiheisiin 1-2, jotka olivat osittain päällekkäisiä. Suunnitteluprosessin merkittävimmäksi ominaispiirteeksi havaittiin iteratiivisuus, joka edellyttää toistuvia tapaamisia suunnitteluun osallistuvien tahojen kanssa.

Haasteita havaittiin erityisesti lähtötietojen saatavuudessa ja tarkkuustasossa, jota hulevesien hallinnan retrofit-suunnittelu vaatii. Luonnonmukaisen hulevesien hallinnan teknisessä suunnitteluohjeistuksessa sekä osaamisessa havaittiin merkittäviä puutteita, kuten myös ymmärryksessä haastaviin hulevesirakenteen olosuhteisiin soveltuvista kasvilajeista. Haasteita aiheuttivat myös maanomistusrajojen, infrastruktuurin, rakennusaikaisten toimenpiteiden, kunnossapidon, turvallisuus- ja esteettömyysnäkökulmien sekä tulevaisuuden tutkimustarpeiden huomioiminen suunnittelussa. Näihin näkökohtiin olisi syytä kehittää mahdollisimman hyvää ohjeistusta tulevien retrofit-hankkeiden helpottamiseksi ja kustannusten vähentämiseksi.

Avainsanat luonnonmukainen, hulevesien hallinta, suunnittelu, retrofit, Helsinki

Sisällys

Esipuhe.....	1
1 Johdanto	2
1.1 Lähtökohdat	2
1.2 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset	2
2 Taustaa	3
2.1 Vedenkierto kaupunkiympäristössä.....	3
2.2 Luonnonmukainen hulevesien hallinta.....	3
3 Suunnitteluprosessi	5
3.1 Vaihe 1: Lähtötiedot ja kohteen valinta	5
3.1.1 Yhteistyötahojen kartoitus ja kontaktointi.....	5
3.1.2 Kohteiden valinta	6
3.1.3 Lähtötietojen ja aineistojen kokoaminen.....	8
3.1.4 Taustatutkimus.....	10
3.2 Vaihe 2: Konseptuaalinen suunnittelu	10
3.2.1 Tavoitteet ja mahdollisuudet	10
3.2.2 Rakenne ja materiaalit	11
3.2.3 Muut suunnittelukysymykset	12
4 Tunnistettut haasteet ja kehitystarpeet	13
4.1 Lähtötiedot	13
4.1.1 Yleistä lähtöaineistoista	13
4.1.2 Korkeustiedot	14
4.1.3 Johtotiedot.....	15
4.1.4 Valuma-aluerajaukset.....	16
4.1.5 Maanomistajuus	16
4.1.6 Pelastustiet	17
4.2 Osaaminen ja kommunikaatio	18
4.2.1 Osaaminen	18
4.2.2 Kommunikaatio.....	19
4.3 Sovittaminen kaupunkiympäristöön.....	19
4.3.1 Maanomistajuusrajojen ylittäminen valuma-alueen suunnittelussa	19
4.3.2 Infrastrukturi	21
4.3.3 Turvallisuus ja esteettömyys	22
4.3.4 Kasvillisuuteen liittyvät kysymykset	23
4.3.5 Muut ekosysteemipalvelut	25
4.4 Ilmastonmuutoksen huomioiminen	25
4.5 Kunnossapito ja kustannukset.....	26
4.6 Tutkimushankkeen erityispiirteet.....	26
4.6.1 Mittaukset	26
4.6.2 Kokeellisuus ja innovaatiot.....	27
5 Loppupäätelmät.....	27
Lähteet	29

Esipuhe

Tässä kandidaatintutkielmassa perehdyttiin esimerkkinä toimivien tutkimushankkeiden kautta luonnonmukaisen hulevesien hallinnan suunnitteluprosessiin. Tutkimushankkeet olivat Helsingin yliopiston Life+ Urban Oases -hanke (2012–2017; Helsingin yliopisto, 2014) sekä StormFilter - *Engineered Infiltration Systems for Urban Stormwater Quality and Quantity Management* (2015–2017). Life+ Urban Oases (Life+11 ENV/FI/911 Keidas) on EU-rahoitteinen hanke, jolla pyritään kehittämään ja tutkimaan vesiensuojelu- ja maisemanäkökulmista rakennettujen kosteikkojen ja painanteiden ekosysteemipalveluja lisääviä vaikutuksia. StormFilter-hankkeen tarkoituksena on tutkia ja kehittää hulevesien hallintaan soveltuvia, vettä imeyttäviä ja suodattavia materiaaleja ja rakenteita, joiden avulla kaupunkiympäristön hulevesiä voidaan vähentää ja puhdistaa (VTT Oy, 2015). Hanketta rahoittavat Tekes (Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus), teollisuuspartnerit, VTT Oy ja Aalto-yliopisto. Hanketta koordinoi VTT Oy yhteistyössä Aalto yliopiston ja Helsingin yliopiston kanssa. Lisäksi hankkeella on 17 yritys- ja kuntapartneria, joista neljä olivat Espoon, Helsingin, Mikkelin ja Vantaan kaupungit.

Tämän työn aikana tutustuttiin yhteydenottojen ja tapaamisten avulla keskeisiin hulevesien hallintaan liittyviin vastuutahoihin, joista merkittävin tämän työn kannalta oli Helsingin kaupungin rakennusvirasto. Työn aikana osallistuttiin Helsingin rakennusviraston järjestämiin suunnittelukokouksiin ja otettiin yhteyttä muihin tahoihin, jotka ovat vastuussa muun muassa kohteiden maanomistajuudesta, aineistojen hallinnasta, katu- ja viheraluesuunnittelusta, pelastusteistä, kunnallistekniikasta, ylläpidosta sekä toteutuksesta.

Tutkimushankkeessa valittiin olemassa olevasta kaupunkirakenteesta kohteita, joissa hulevesien hallinta on mahdollista toteuttaa niin kutsuttuna ”retrofit”- eli rakentamisen jälkeen lisättävinä ratkaisuin. Rakenteiden suunnitelmat kehitettiin yhteistyössä partnerien kanssa, ja suunnittelu eteni iteratiivisesti partnereita konsultoiden. Hankkeen tuloksena syntyneet hulevesien hallinnan ratkaisut toimivat pilottikohteina, joiden tulisi olla toisinnettavissa muissa samankaltaisissa kaupunkiympäristöissä. Pyrkimyksenä oli mahdollistaa myös kohteiden vertailukelpoisuus seurantatutkimuksia varten. Edellä mainitusta syistä kandidaatintyön aikana seurattu suunnitteluprosessi ei monilta osin vastaa tyypillistä hulevesien hallinnan suunnittelua kunnissa, joissa palvelu tilataan joko ulkopuoliselta konsultilta tai suunnitellaan sisäisesti tietylle, usein uutena rakennettavalle alueelle. Tutkimushankkeena toteutettava hulevesien hallinta eroaa täten normaalitilanteesta muun muassa osallistuvien yhteistyötahojen, kohdevalintojen, aikataulutuksen, resurssien sekä suunnitteluratkaisujen osalta.

Kandidaatintutkielma toteutettiin osana työsuhdetta Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan metsätieteiden laitoksella (2015–2017). Tutkielman yhtenä ohjaajana ja hulevesien hallinnan pääsuunnittelijana toimi tutkija Outi Wahlroos metsätieteiden laitokselta. Hankkeen ulkopuolisina neuvonantajina metsätieteiden laitokselta toimivat muun muassa professori Harri Vasander (kosteikkokasvillisuus) sekä tutkija Anu Riikonen (katupuut), ja kasvien tutkimuksessa avusti maisterintutkielmansa puolesta metsätieteiden maisteriopiskelija Amanda Pero.

1 Johdanto

1.1 Lähtökohdat

Läpäisemättömille pinnoille päätyvä sade- ja sulamisvesi eli hulevesi (Kuntaliitto, 2012) on noussut merkittäväksi kysymykseksi tiivistyvissä kaupungeissa. Läpäisemättömät pinnat, kuten asfaltoidut liikennealueet, estävät veden imeytymisen maaperään kasvien hyödynnettäväksi sekä edelleen luontaisia väyliä myöten vesistöihin. Läpäisemättömälle pinnalle kerääntyvä hulevesi voi tulvatilanteissa aiheuttaa vauriota rakennuksille sekä muille rakenteille. Tästä syystä hulevedet on johdetaan tyypillisesti mahdollisimman nopeasti pois pinnoilta tehokkaan viemäröinnin avulla.

Viemäriverkostoon päätyessään hulevesi johdetaan joko erillisessä sadevesiviemärissä puhdistamattomana suoraan vesistöön tai sekaviemärissä puhdistettavaksi vedenpuhdistuslaitokselle jäteveteen sekoittuneena. Maankäytöstä riippuen hulevedet voivat sisältää suuriakin määriä ravinteita, kiintoainetta, öljyä ja raskasmetalleja, jotka muuttavat vesiekosysteemejä ja ovat haitallisia niiden eliöstölle. Toisaalta sekaviemäriin johdetut hulevedet voivat aiheuttaa suurien sade- ja sulamisvesimäärien tapauksessa ylikuormitusta vedenpuhdistuslaitoksella, jolloin puhdistamaton jäte- ja hulevesi joudutaan ohijuoksuttamaan suoraan vesistöihin.

Luonnonmukaisella hulevesien hallinnalla on mahdollista vähentää viemäriverkostoon päätyvän huleveden määrää ja parantaa sen laatua. Hulevesien hallinnan luonnonmukaistamisella pyritään lisäämään hulevesien imeytymistä ja puhdistamista syntypaikalla. Tämä on mahdollista erilaisilla suodattavaa maaperää, kasvillisuutta sekä muita puhdistusmekanismeja sisältävillä hulevesien hallintarakenteilla. Kaupunkiympäristössä tavallisia rakenteita ovat esimerkiksi kasvillisuutta sisältävät painanteet ja viherkatot.

Mikäli jo rakennetulla kaupunkialueella tai sen hulevesiä vastaanottavassa vesistössä havaitaan ongelmia rakentamisen jälkeen, kyseisen alueen hulevesien hallintaa voidaan pyrkiä luonnonmukaistamaan niin kutsutuilla ”retrofit”-rakenteilla. Nämä jälkikäteen kaupunkiympäristöön sovitettavat hulevesirakenteet ovat kuitenkin lähtökohtaisesti haastavia ja kalliita suunnitella ja toteuttaa, eikä niistä ole Suomen olosuhteissa vielä juurikaan kokemusta. Ilmastonmuutoksen myötä mahdollisesti lisääntyvien sademäärien myötä hulevesien hallinnan luonnonmukaistaminen tulee kuitenkin entistä ajankohtaisemmaksi.

1.2 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tällä kandidaatintyöllä pyritään lisäämään ymmärrystä hulevesien hallinnan luonnonmukaistamiseen tähtäävien retrofit-rakenteiden suunnittelun haasteista. Aiheeseen perehdytään kahden tutkimushankkeen kautta, joiden yhteydessä suunnittelua edistetään. Kandidaatintutkielmassa pyritään selvittämään esimerkkinä toimivan suunnitteluprosessin kautta, minkälaisia vaiheita luonnonmukaisen hulevesien hallinnan suunnitteluun sisältyy. Suunnitteluprosessista pyritään tunnistamaan erilaisia haasteita ja kehitystarpeita, jotka liittyvät etenkin retrofit-ratkaisujen suunnitteluun ja toteutukseen. Tavoitteena on kehitystarpeita tunnistamalla edistää retrofit-rakenteiden suunnittelua tulevaisuudessa.

Kandidaatintyössä suunnitteluprosessia tutkittiin tutkimushankkeessa esiintyneiden esimerkkikohteiden kautta. Esimerkkikohteina toimivat kaksi Helsingin Viikissä, rakennetulla

Säynäslahdenpuron valuma-alueella sijaitsevaa katualuetta, joiden hulevesien hallintaa pyritään suunnittelulla luonnonmukaistamaan. Tutkimushankkeen suunnitteluprosessia ja siinä esiin tulleita haasteita havainnoitiin kandidaatintyössä lähtötietojen ja kohteen valinnasta konseptuaaliseen suunnitteluun. Näitä seuraavat toteutussuunnittelun vaiheet on jätetty kandidaatintyön laajuuden rajoitusten vuoksi pois tästä tutkielmasta.

2 Taustaa

2.1 Vedenkierto kaupunkiympäristössä

Luonnollisessa vedenkierrossa osa maahan sateena tai lumena tulevasta vedestä haihtuu suoraan kasvillisuuden ja maan pinnoilta takaisin ilmakehään ja osa imeytyy maaperään tai muuttuu vesistöihin kulkeutuvaksi pintavalunnaksi. Maaperään imeytynyt vesi on kasvillisuuden hyödynnettävissä ja kasvillisuuden transpiraation kautta sitä haihtuu takaisin ilmakehään. Osa maahan imeytyneestä vedestä varastoituu pohjavedeksi, kun taas osa kulkeutuu pohjavaluntana vastaanottaviin vesistöihin. Vesistöistä vettä haihtuu takaisin ilmakehään, mistä se palautuu taas maanpinnalle sateina, muodostaen vedenkierron. Pintavalunnan osuus on kaupungeissa korostunut johtuen maanpinnan muutoksesta läpäisevästä läpäisemättömäksi. Kaupunkimaisessa ympäristössä suuri osa pinnoista on päällystetty asfaltilla, betonilla tai kiveyksellä. Tämä aiheuttaa muutoksia luontaiseen vedenkiertoon, sillä vettä ei pääse imeytymään maaperään samalla tavoin, kuin rakentamattomilla alueilla. Seurauksena on huleveden eli läpäisemättömille pinnoille päätyvän sade- ja sulamisveden (Kuntaliitto, 2012) määrän lisääntyminen. Hulevesitulvat voivat aiheuttaa rakennuksille ja rakenteille kosteusvaurioita, jotka tuovat merkittäviä korjauskustannuksia. Tämän vuoksi hulevesien hallinta rakennetussa ympäristössä perustuu tavallisesti veden mahdollisimman nopeaan poisjohtamiseen tehokkaan viemäroinnin avustuksella.

Hulevesiviemärit ovat tyypiltään joko sekaviemäreitä tai erillisviiemäreitä, joita jälkimmäisissä jätevesi ja hulevesi on erotettu toisistaan. Esimerkiksi monin paikoin Helsingin alueella hulevedet johdetaan yhä sekaviiemäriissä jätevesien mukana puhdistettavaksi vesienpuhdistuslaitokselle. Vesienpuhdistuslaitoksella hulevedet tekevät suhteellisen puhtautensa vuoksi puhdistusprosessista tehottomamman, mistä aiheutuu lisäkustannuksia. Lisäksi suurien sademäärien yhteydessä vedenpuhdistuslaitos ylikuormittuu saapuvasta hulevedestä, mikä johtaa puhdistamattoman jäte- ja huleveden ohijuoksutukseen suoraan vesistöihin. Toisaalta osa hulevesistä johdetaan suoraan erillisissä sadevesiviiemäreissä puhdistamattomana vesistöihin. Sekä ohijuoksutukset että puhdistamattoman huleveden johtaminen vesistöihin rehevöittävät ja saastuttavat vesistöjä (Kuntaliitto, 2012), muuttavat elinympäristöjä ja aiheuttavat lajiston monimuotoisuuden sekä vesien virkistys- ja maisema-arvon vähenemistä. Ilmastonmuutoksen ennustetaan lisäävän etenkin talviaikaisia sateita Suomessa (Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas, 2014a), mikä osaltaan lisää edellä kuvattuja negatiivisia vaikutuksia vesistöihin.

2.2 Luonnonmukainen hulevesien hallinta

Luonnonmukaisemmalla hulevesien hallinnalla pyritään edistämään kaupungeissa luontaisia hydrologisia prosesseja sadeveden imeytymisen mahdollistavilla läpäisevillä pinnoilla sekä vettä viivyyttävillä ja kasvillisuutta hyödyntävillä hulevesirakenteilla. Hulevesirakenteiden tarkoituksena on vähentää viemäriin ja mahdollisesti suoraan vesistöihin päätyvän puhdistamattoman huleveden määrää (Kuntaliitto, 2012). Hulevedestä poistuu samalla biologisten, kemiallisten ja mekaanisten

prosessien kautta epäpuhtauksia, jolloin se on vesistöihin päätyessään puhtaampaa. Edellä kuvattua prosessia kutsutaan biosuodatukseksi tai -pidätykseksi (Kuntaliitto, 2012; Valtanen, Sillanpää, Hätinen & Setälä, 2010). Erilaisia hulevettä puhdistavia hulevesirakenteita ovat esimerkiksi biosuodatusalueet, rakennetut hulevesikosteikot sekä sadepuutarhat.

Loppuvuodesta 2014 voimaan tullut laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta (Finlex, 2014; 103 c §) pyrkii edistämään luonnonmukaista hulevesien hallintaa edistämällä luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin. Laki edellyttää, että hulevesiä imeytetään ja viivytetään niiden kerääntymispaikalla sekä ehkäistään hulevesistä ympäristölle ja kiinteistölle aiheutuvia haittoja ja vahinkoja, ilmaston muutoksen huomioiden. Lain myötä hulevesien hallinta siirtyi vesihuollon yhteydestä kaavoituksen puolelle, ja kaavoituksesta vastaava kunta vastaa täten myös hulevesien hallinnan kokonaisuudesta asemakaava-alueella.

Kuntien lisääntyneen vastuun myötä tarve luonnonmukaisen hulevesien hallinnan asiantuntijuudelle on lisääntynyt. Tarpeeseen vastasi muun muassa Kuntaliiton vuonna 2012 julkaisema hulevesiopas (Kuntaliitto, 2012), joka oli ensimmäinen kattava, Suomen olosuhteisiin räätälöity ohjekirja. Opas ei kuitenkaan vielä tarjonnut suunnittelun tueksi tarkempaa teknistä kuvastoa, kuten rakenteita kuvaavia leikkaus- tai pohjapiirroksia, jotka auttaisivat hyväksi havaittujen standardiratkaisujen löytämisessä. Teknistä ohjeistusta luonnonmukaiseen hulevesien hallintaan kaivattaisiin lisää myös ammattilaisten käytössä oleviin RT-tietokantoihin. Edellä mainituista syistä luonnonmukainen hulevesien hallinta kunnissa on edelleen aikaa vievää sekä kallista, ja perustuu usein kalliiseen konsulttityöhön.

Mikäli kaupunkialueella havaitaan esiintyvän hulevesiin liittyviä haasteita kuten tulvimista, vesistöjen tilan heikkenemistä tai pohjaveden tason laskua, myös olemassa olevaan kaupunkiympäristöön voidaan tehdä vedenkiertoa luonnonmukaistavia muutoksia. Tällaiset jälkikäteen tehtävät niin sanotut ”retrofit”-ratkaisut ovat kuitenkin usein kalliita ja haastavia suunnitteluprosessin monialaisuuden, kaupunkirakenteen tilanpuutteen, kunnossapidon sekä maanomistajuuskysymysten ja näistä tekijöistä syntyvien kilpailevien vaatimusten vuoksi. Retrofit-ratkaisut voivat kuitenkin muodostua tulevaisuudessa merkittäviksi etenkin sekaviemäröintiin perustuvilla vanhemmilla alueilla, kuten Helsingin kantakaupungissa, Munkkiniemessä ja Herttoniemessä (Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2016), jossa ilmastonmuutoksen aiheuttamien rankkasateiden myötä viemärien ja vedenpuhdistuslaitoksen kapasiteetti voi jäädä monin paikoin vajaaksi. Sekaviemäreiden erillisviemäriksi saneerausta voisi täydentää soveltuvilla alueilla retrofit-ratkaisuilla, jotka edistäisivät myös maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen (Finlex, 2014) edellyttämää hulevesien hallinnan luonnonmukaistamista. Luonnonmukainen hulevesien hallinta voi lisäksi tuoda huomattavia positiivisia vaikutuksia ympäristölle, virkistyskäytölle ja maisemalle.

Luonnonmukaista hulevesien hallintaa edistävästä retrofit-ratkaisuista on toistaiseksi hyvin vähän kokemusta Suomessa. Retrofit-ratkaisuja ja niiden syntyyn johtavia suunnitteluprosesseja tulisi tutkia, jotta saataisiin kokemusta ja ymmärrystä mahdollisista haasteista ja tietotarpeista niihin liittyen. Retrofit-ratkaisut lienevät olemassa olevan läpäisevän pinnan säilyttämisen ohella yksi merkittävimmistä keinoista varautua ilmastonmuutoksen tuomiin hulevesiongelmiiin kaupunkialueilla. Näin ollen niiden ja muun luonnonmukaisen hulevesien hallinnan käyttöön ottoa

edistäviä toimintamalleja sekä teknistä ohjeistusta tulisi kehittää jo ennen kuin ilmastonmuutoksen tuomat ongelmat pakottavat niiden hyödyntämiseen.

3 Suunnitteluprosessi

Tässä luvussa käsitellään hulevesien hallinnan suunnitteluprosessia lähtötietojen ja kohteen valinnasta (Vaihe 1; luku 3.1) konseptuaaliseen suunnitteluun (Vaihe 2; luku 3.2). Taulukossa 2 on esitelty vaiheet ja niiden aikataulu tutkimuksessa hankkeessa. Suunnitteluprosessiin kuuluvia vaiheita ovat edellä mainittujen lisäksi myös toteutussuunnittelu ja toteutusasiakirjojen laadinta (vaihe 3), rakentaminen (vaihe 4) sekä seuranta (vaihe 5), mutta näihin vaiheisiin ei kandidaatintyön laajuuden ja aikataulun vuoksi ole mahdollisuutta perehtyä syvällisemmin tässä työssä. Suunnitteluprosessin vaiheet niiden sisältämät työtehtävät on esitetty taulukossa 1.

3.1 Vaihe 1: Lähtötiedot ja kohteen valinta

Vaihe 1 on suunnitteluprosessin alkuvaihe, jossa pyritään koostamaan suunnittelua varten tarvittavat lähtötiedot sekä tunnistamaan kohteet, joihin hulevesien hallintaratkaisut suunnitellaan. Vaihe etenee yhteistyötahojen kartoituksen (luku 3.1.1) kautta kohteiden valintaan (luku 3.1.2), lähtötietojen ja aineistojen kokoamiseen (luku 3.1.3) sekä taustatutkimukseen (luku 3.1.4).

3.1.1 Yhteistyötahojen kartoitus ja kontaktointi

Hulevesien hallinnan suunnittelun ensimmäinen vaihe oli suunnitteluun vaikuttavien yhteistyötahojen ja osallisten kartoitus. Vaihe jatkui koko suunnittelun ajan, sillä tarpeita tiedolle ja osaamiselle eri osa-alueilta tuli jatkuvasti ilmi suunnitelman tarkentuessa (taulukko 1).

Hankkeen tärkeimmäksi yhteistyötahoksi suunnittelun osalta muodostui Helsingin kaupunki. Kaupungin taholta suunnittelussa oli keskeisesti mukana erityisesti Heikki Takainen (suunnitteluinsinööri, rakennusvirasto), jota tavattiin suunnittelun aikana 12 kertaa syyskuusta 2015 huhtikuun 2017 loppuun mennessä. Suunnitteluun osallistuivat myös Paula Nurmi (ympäristötarkastaja, Helsingin kaupungin ympäristökeskus/rakennusvirasto) ja Juha Raisio (puuasiantuntija, rakennusvirasto). Suunnittelussa konsultoitin toistuvasti Uudenmaan ELY-keskuksen yksikönpäällikkö Kari Rantakokkoa ja Olli Jaakonahoa sekä rakenteen sisältämiin materiaaleihin ja teknisiin ratkaisuihin liittyviä yrityspartnereita, kuten Vapo Clean Waters Oy:ta.

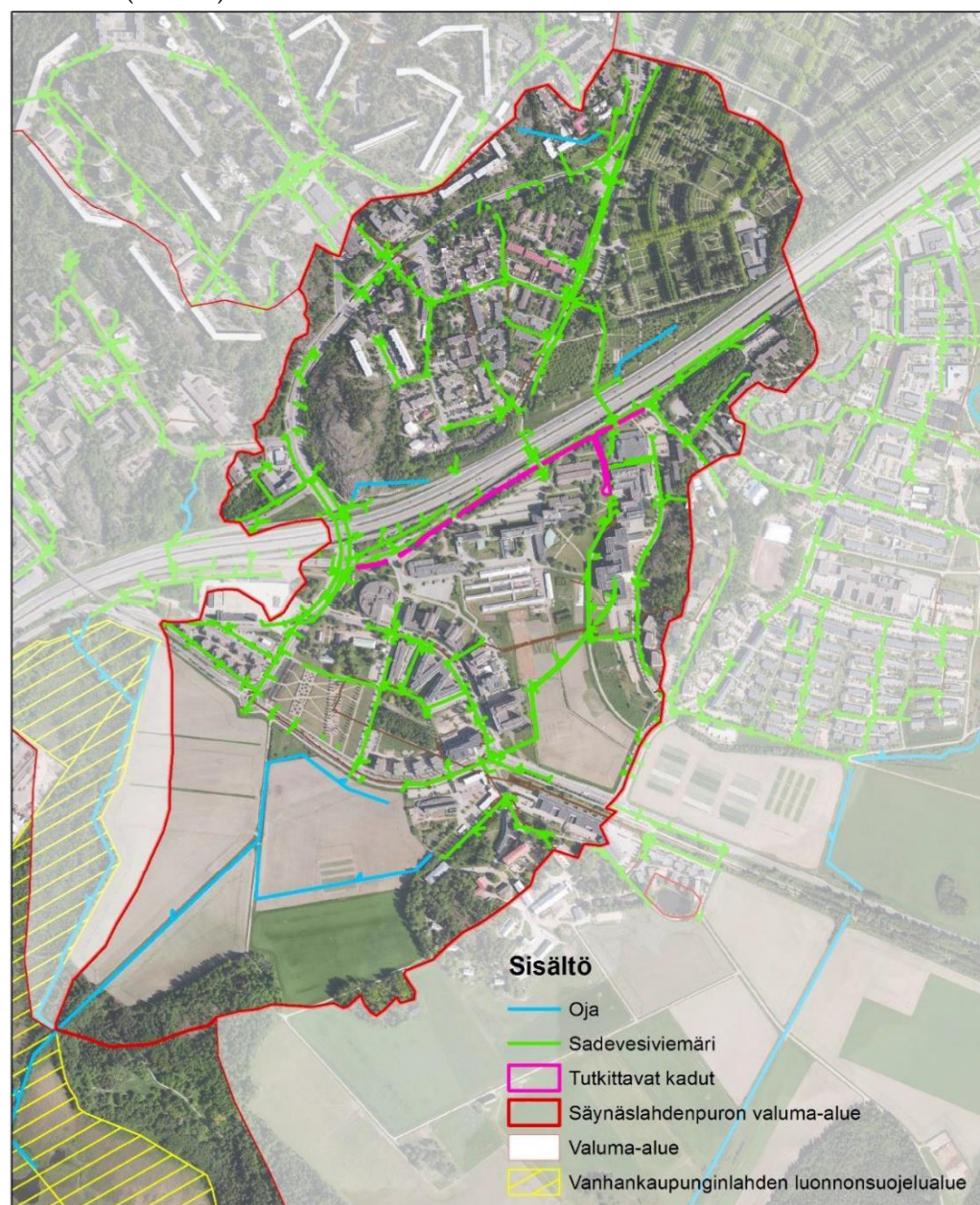
Taulukko 1. Seuratun prosessin aikataulu

Vaihe	Metodit
1) Lähtötiedot ja kohteen valinta	Kirjallisuuskatsaukset liittyen mahdollisiin hulevesienhallintarakenteisiin, maastokäynti, tapaamiset kunnan kanssa, asiantuntijahaastattelut, tarvittavan ja saatavilla olevan aineiston kartoitus, avoimen aineiston hankinta, aineistotilaukset, mittaukset, hulevesirakennetyypin valinta
2) Konseptuaalinen suunnittelu	Aineistoon perehtyminen, suunnittelualueen tarkempi rajaaminen, suunnittelutapaamiset tilaajan ja asiantuntijoiden kanssa, kustannusarvioinnit
3) Toteutussuunnittelu ja toteutusasiakirjojen laadinta	-
4) Rakentaminen	-
5) Seuranta	-

3.1.2 Kohteiden valinta

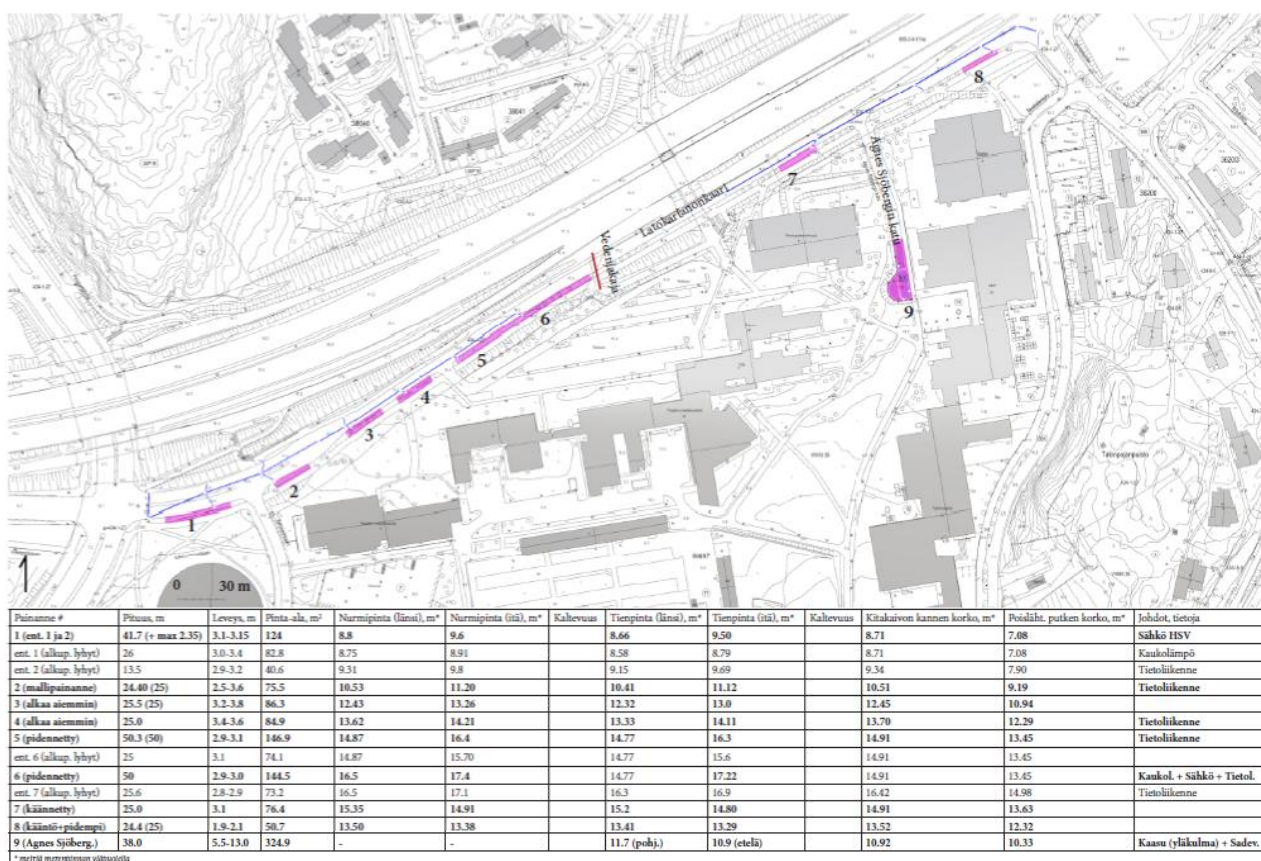
Yleistä

Hulevesirakenteiden sijaintipaikoiksi valittiin suunnitteluprosessissa Latokartanonaari ja Agnes Sjöbergin katu Helsingin yliopiston Viikin kampuksen läheisyydessä, Koillis-Helsingissä. Kadut valittiin tarkastelukohteiksi, sillä molemmat sijaitsevat Säynäslahdenpuron rakennetulla valuma-alueella (kuva 1). Kadut edustavat tilankäytön suhteen haastavaa mutta mahdollista retrofit-kohdetta. Etenkin Agnes Sjöbergin kadulla on myös havaittu haasteita hulevesien hallinnan nykytilassa. Kadun päässä rinnettä alas valunut hulevesi jää seisomaan kääntöpaikan keskivaiheille, sillä kaivo on rakennettu matalinta keskikohtaa ylemmäksi. Latokartanonkaaresta rajattiin suunnitteluprosessissa mukaan osuus Talonpojantielle asti. Lisäksi valittujen katujen sijainti on käytännöllinen pääosin Viikissä tapahtuvan kohteiden seurantaan edellyttävän tutkimustoiminnan kannalta (kuva 2).



Kuva 1.
Säynäslahdenpuron
valuma-alue ja
tutkittavat kadut.

Säynäslahdenpuron valuma-alueen hulevedet on pääosin johdettu sadevesiviemäriverkostoon. Puron alajuoksulla kaksiahaaraiseksi muuttuva ja peltojen valtaajaksi oikaistu puro kulkee Viikin-Vanhankaupunginlahden luonnonsuojelu- ja Natura 2000 -alueen läpi, laskien lopulta Vanhankaupunginlahteen. Helsingin pienvesiohjelman mukaan Säynäslahden puron veden laatu on ollut välttävä vuonna 2004. Toisaalta puron valuma-alueella mainitaan kuitenkin olevan korkea luonnonsuojeluarvo, minkä vuoksi sen nykytilan ja sillä esiintyvien luontoarvojen säilyminen mainittiin tulevaisuuden visioiksi (Helsingin kaupungin rakennusvirasto, 2007). Hulevesien hallinnan osittaisella luonnonmukaistamisella puron valuma-alueella pyritään edistämään osaltaan puron tilaa. Puron varrella olevalle tutkimuspellolle on rakennettu Säynäslahdenpuron tutkimuskosteikko vuonna 2015.



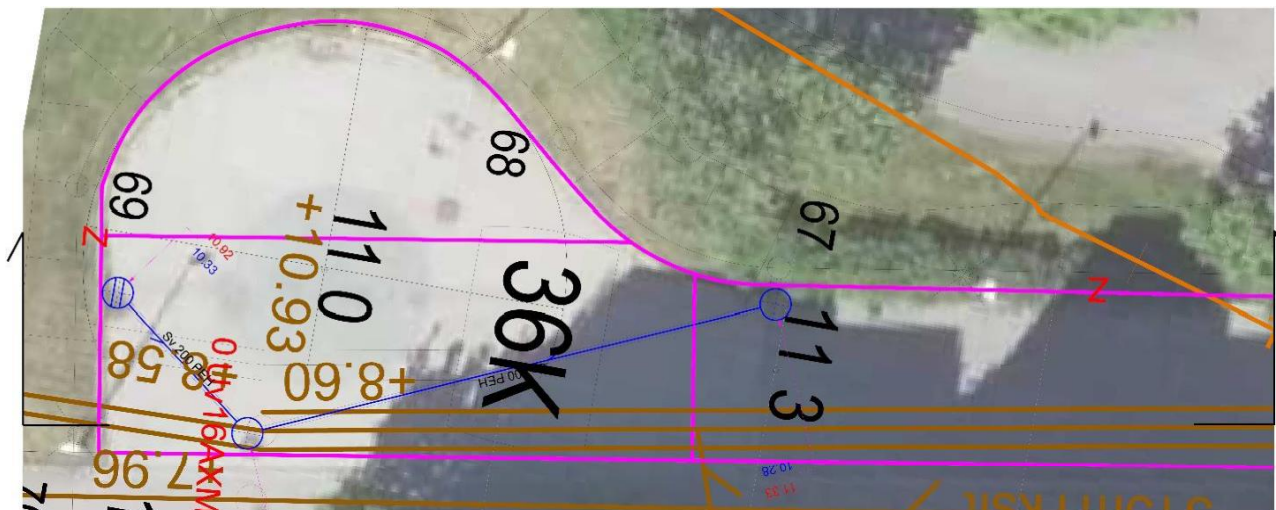
Kuva 2. Painanteiden sijaintien valinnassa käytettyä materiaalia.

Latokartanonkaari

Latokartanonkaaren tapauksessa hulevesipainanteilla on tarkoitus osittain korvata ajoväylän ja jalkakäytävän välistä viherkaistaletta, jossa kasvaa tällä hetkellä vuorijalavia ja nurmikkkoa. Koko kaistaletta ei ollut mahdollista hyödyntää maanalaisen johtoverkoston vuoksi. Valintaperusteet varsinaisille painanteiden sijaintipaikoille olivat: riittävä pituus (25 m), mahdollisuus liittyä sadevesiviemäriin, painanteen etäisyys maanalaisiin johtoihin (joita ei ole mahdollista siirtää) vähintään 1 m, istutettavien puiden etäisyys johdoista vähintään 2,5 metriä (Rakennustieto, 2010) sekä painannekohtaisen valuma-alueen koko.

Agnes Sjöbergin katu

Agnes Sjöbergin kadulla rakenne sijoittuisi pääasiassa kadun päässä olevan kääntöpaikan alueelle. Tällä kadulla rakenteen sijainnin valitseminen oli selkeämpää, sillä kadun päässä olevan kääntöpaikan kohdalle kertyi sateella vesi. Kääntöpaikalla arvioitiin olevan tilaa vähintään maanlaiselle rakenteelle sekä tarvittavat liittymäkohdat sadevesiverkostoon. Agnes Sjöbergin kadun kääntöpaikalla piti myös huomioida riittävä etäisyys sadevesiviemäristön runkolinjaan sekä katua reunustavaan sähköjohtoon (kuva 3).



Kuva 3. Agnes Sjöbergin kadun hulevesirakenteen rajaukseen käytettyä materiaalia.

3.1.3 Lähtötietojen ja aineistojen kokoaminen

Taustatietojen ja aineistojen kokoaminen alkoi heti kohteiden varmistuttua ja kesti lähes vuoden. Aineistot saatiin Helsingin kaupungin rakennusvirastolta. Suunniteltaessa hulevesien hallintaa olemassa olevaan kaupunkirakenteeseen tarpeellisia lähtötietoja ovat muun muassa:

- kantakartta
- ilmakeu
- korkeustiedot
- johtotiedot
- valuma-alueet
- maaperä
- maanomistajuus
- pelastustiet

Ajantasainen **kantakartta** on tärkein työkalu katu ympäristöön sijoittuvien hulevesirakenteiden rajauksessa. Se helpottaa muun muassa tiealueen ja viherkaistaleen tarkan rajan määrittämisessä, ja sen tarjoamaan tietoon pohjautuvat piirrettävät suunnitelmat. Siksi kantakartan ajantasaisuus on olennaisen tärkeää hulevesien hallintarakenteiden suunnittelussa.

Ajantasaiset **ilmakuvat** avustavat huomattavasti rakenteiden sijainnin, maankäytön ja pintamateriaalien hahmottamista suunnitteluvaiheessa. Rakenteen sijoittuminen ympäröivään kaupunkirakenteeseen on monesti helpompi ymmärtää valokuvamaisesta ilmakuvasta kuin pelkät ääri viivat sisältävästä kantakartasta. Mitä tarkempi ilmakeu on tarjolla, sitä helpompaa on tarkistaa

myös esimerkiksi katupuiden tai kaivonkansien sijaintia ilman ylimääräisiä maastokäyntejä. Ilmakuvien ajantasaisuus on samasta syystä tärkeää. Nykyään helpotusta suunnitteluun tarjoaa myös Google Maps, jonka perspektiivinäkymästä (Street view) on mahdollista tarkistaa esimerkiksi katupuiden kuntoa helpommin kuin ilmakuvista. Google Maps tarjoaa ainakin pääkaupunkiseudulla suhteellisen ajantasaista tietoa. Sen varaan ei kuitenkaan luonnollisesti voi perustaa suunnittelua, joka vaatii aina maastovarmistuksen.

Korkeustietojen, eli korkeuskäyrien tai pintamallin, riittävä tarkkuustaso on merkittävä tekijä hulevesien hallinnan suunnittelussa. Suunnittelu kaupunkialueilla on tarkkuutta vaativaa ja pienpiirteistä. Vesi virtaa asfalttipinnalla juuri sinne, minne kaato johdattaa, ja muutaman sentin heitto suunnittelu- tai rakennusvaiheessa voi aiheuttaa koko hulevesirakenteen toimimattomuuden. Tästä kertovat valitettavan tutut esimerkit ympäristöään korkeammalla olevista kaivoista ja niiden ympärille kertyvistä hulevesialtaista tai ohi virtaavista puroista. Riittävän tarkat korkeustiedot saavutetaankin usein vasta kohteessa tehtävillä tarkentavilla mittauksilla, mikä lisää hulevesien hallinnan suunnittelun kustannuksia.

Johtotiedot kattavat maanalaisen viemäri- ja talousvesiverkoston sekä energia- ja tietokaapelit. Sadevesiviemärien sijainnit ja kaivojen korot määrittävät retrofit-rakenteiden sijaintia. Toisaalta myös muun kaupunki-infrastruktuurin tuntemus on tärkeää, sillä johtojen ja putkien siirto on usein hyvin kallista. Tämän vuoksi rakenteet pyritään lähtökohtaisesti suunnittelemaan niiden lomiin. Myös johtotietoaineiston ajantasaisuus on erityisen tärkeää vahinkojen välttämiseksi, sillä rakennusvaiheessa rikkoutuneet kaapelit ja putket voivat aiheuttaa merkittäviä viivytyksiä, kustannuksia ja jopa turvallisuusriskejä.

Valuma-alueiden rajaukset ovat oleellisia hulevesien hallinnan tarpeen ja rakenteiden mahdollisen sijainnin määrittelyssä. Maantieteellisiä valuma-alue-rajauksia saattaa olla saatavilla puron tasolla kuntien karttatietopalveluista (esimerkiksi Helsingin karttapalvelu, 2017), mutta pienemmät, kaupunkiympäristön hulevesiviemäristön huomioivat rakennetut valuma-alueet on rajattava tapauskohtaisesti korkeus- ja johtotietojen perusteella.

Maaperätiedot ovat tärkeitä hulevesien hallinnan suunnittelulle, sillä kallioperän etäisyys maanpinnasta sekä maalajien erilaiset imeytymisominaisuudet vaikuttavat hulevesirakennetyypin valintaan. Rakennetussa ympäristössä on tyypillistä, että maaperä on jo entuudestaan muuttunutta aiemman rakentamisen massanvaihtojen ja täyttöjen vuoksi. Lisäksi kallioperän syvyydestä saatavat tiedot ovat suuntaa-antavia, jos niitä ylipäättään on saatavilla. Näistä syistä erilliset maaperätutkimukset ovat usein tarpeen hulevesien hallinnan suunnittelussa. Lähellä maanpintaa oleva kallioperä sekä hienojakoisemmat maalajit (etenkin savi ja hiesu) estävät hulevesien imeyttämistä maaperään, kun taas karkeammat maalajit (esim. sora ja hiekka) ovat veden läpäisyominaisuuksiltaan suotuisia. Tästä johtuen imeytystä harkittaessa rakenteiden pohjamaa tulee käytännössä vaihtaa karkeammaksi ja paremmin vettä läpäiseväksi maalajiksi, ellei toisaalla imeyttäminen ole mahdollista. Huokoisella maalajilla (vedenläpäisevyyskerroin $k \sim 1 \cdot 10^{-5}$) vuoratun painanteen pohja ei myöskään jäädy umpeen, jolloin imeytymistä tapahtuu myös sulamiskauden alussa (Kuntaliitto, 2012). Maalajitiedot ovat tärkeitä myös rakenteiden routasuojaustarpeen arvioinnissa johtuen maalajien erilaisista routimissyvyyksistä.

Hulevesien hallinnan suunnittelussa **maanomistajuus** on yksi keskeisimpiä kysymyksiä hankkeiden toteuttamiselle, sillä maanomistajuus määrittelee oikeuden rakentaa alueelle.

Mikäli rakennetta harkitaan toteutettavaksi **pelastustienä** toimivaan katu ympäristöön, on rakenteen täytettävä tiettyjä erityisvaatimuksia. Rakenne ei muun muassa saa estää pelastusajoneuvon kulkua.

3.1.4 Taustatutkimus

Kohteiden valinnan ja aineistojen keruun yhteydessä tehtiin alustavaa taustatutkimusta hulevesien hallintaan liittyen. Taustatutkimuksen tarkoituksena oli arvioida erilaisten menetelmien soveltuvuutta valittuihin kohteisiin sekä tehdä tutkimusten perusteella alustavia rajoituksia suunnittelun nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi. Hankkeessa oli kuitenkin jo valittu hulevesien hallintamenetelmäksi rakennetut painanteet, jotka sisältävät erilaisia suodattavan maaperän ja kasvillisuuden yhdistelmiä. Myös kasvillisuusvalintoja pyrittiin helpottamaan taustatutkimuksella, jossa selvitettiin Suomen oloihin soveltuvan kasvillisuuden selviämisedellytyksiä ja toimivuutta hulevesien laadullisessa hallinnassa. Tästä taustatutkimuksesta on kerrottu tiivistetysti luvussa 4.3.4 (Kasvillisuuteen liittyvät kysymykset > Kasvivalinnat).

3.2 Vaihe 2: Konseptuaalinen suunnittelu

Vaiheessa 2 kuvataan konseptuaalista suunnitteluvaihetta, joka etenee tavoitteiden asettamisen (luku 3.2.1) kautta materiaalien ja rakenteiden suunnitteluun (luku 3.2.2) sekä muihin suunnittelutarpeisiin (luku 3.2.3), joita ovat muun muassa esteettömyys, maisema-arvo sekä kunnossapito. Vaihe 2 on osittain päällekkäinen vaiheen 1 kanssa, sillä suunnittelun edetessä myös tarvittavien lähtötietojen määrä selkiytyy ja lisääntyy, ja toisaalta uusien lähtötietojen saamisen myötä suunnittelu etenee ja tarkentuu.

3.2.1 Tavoitteet ja mahdollisuudet

Tavoitteet

Suunnittelua aloittaessa pyritään asettamaan selkeät tavoitteet, joita hulevesien hallinnalla pyritään saavuttamaan. On esimerkiksi huomioitavaa, että tietyntyyiset rakenteet toimivat erityisesti määrällisessä hulevesien hallinnassa eli vähentävät suoraan sadevesiviemäriin tai vesistöön päätyvän huleveden määrää. Toiset rakenteet toimivat sen sijaan paremmin laadullisessa hulevesien hallinnassa, poistaen hulevedestä ravinteita, kiintoainesta, raskasmetalleja, öljyjä ja muita epäpuhtauksia. Esimerkiksi viherkatot vähentävät ennen kaikkea hulevesien määrää, sillä katoille päätyvän sadeveden puhdistustarve on vähäinen. Suurin osa rakenteista on suunniteltu toki toimimaan molempiin tarkoituksiin. Esimerkiksi kasvipeitteiset painanteet viivyttävät ja/tai imeyttävät hulevesiä maaperään, jolloin hulevedestä samalla pidättyy epäpuhtauksia maaperään ja kasvillisuuteen. Osa hulevedestä haihtuu maan ja kasvillisuuden pinnalta ja poistuu kasvillisuuden transpiraation myötä.

Suunnittelun alussa määritetään usein tavoitetaso määrälliselle tai laadulliselle hulevesien hallinnalle. Tavoitetasot voivat olla esimerkiksi kuutiomääräinen varastotilavuus perustuen määritettyyn mitoitusasteeseen tai prosentuaalinen vähennystavoite saapuvan huleveden määrään tai tietyn aineen pitoisuuteen siinä. Edellä mainittuja tekijöitä pyritään seuraamaan usein mittauksilla saapuvasta ja pois lähtevästä hulevedestä. Mikäli huleveden määrän ja laadun seuranta on tarkoitus

tehdä, rakenteeseen täytyy suunnitella tätä tarkoitusta varten erilliset mittausrakenteet, esimerkiksi kaivot.

Kuten luvussa 1 mainittiin, StormFilter-hankkeessa tavoitteena on tutkia erilaisten suodatinmateriaalien ja kasvien vaikutusta tienpinnoilta valuvien hulevesien (sekä suoraan rakenteen pinnalle satavan sadeveden tai lumen) laatuun ja määrään. Rakenteita on tarkoitus rakentaa useampi erilaisten kombinaatioiden vertailua varten, joskin itse rakentaminen ei sisällykään hankkeeseen, vaan testauksia tehdään hankkeen aikana laboratoriossa. Life+ Urban Oases hankkeeseen taas kuuluu myös pilottirakenteiden toteuttaminen, jolloin mitoituskapasiteettia rajoittaviksi tekijöiksi on havaittu tyypillisesti tilan ja resurssien puute.

Mahdollisuudet

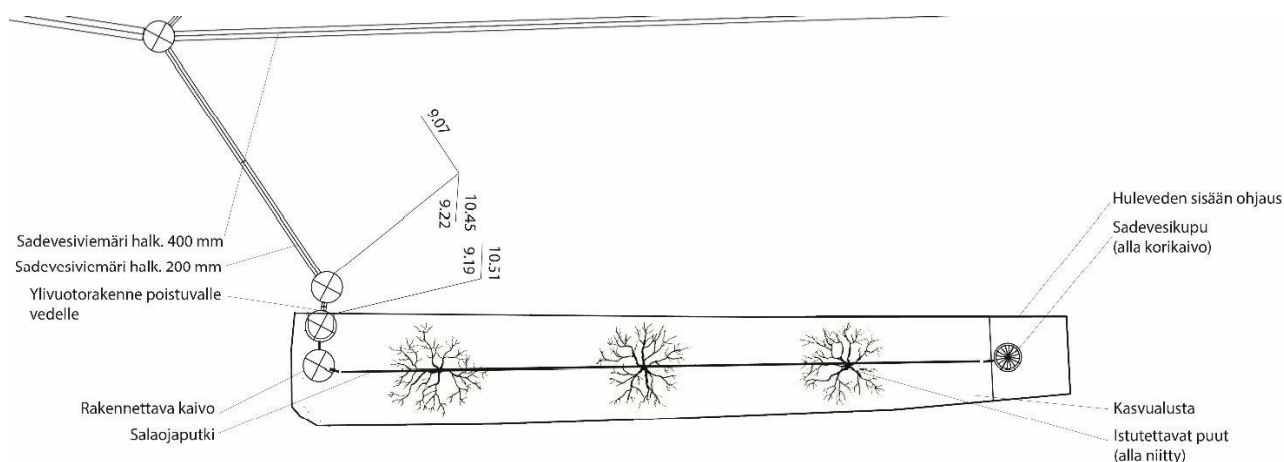
Suunnittelun alussa on myös tarpeen arvioida, minkä tyyppiset toteutukset ovat resurssien puitteissa mahdollisia, ja toisaalta, minkälaiset ratkaisut ovat tilanteen kannalta järkeviä. Hulevesirakenteen sijoittaminen olemassa olevaan katuympäristöön on lähtökohtaisesti haastavaa ja kallista, mistä johtuen on syytä pohtia tarkkaan rakenteiden tarvittavaa määrää ja laatua. Esiin nousevia kysymyksiä ovat muun muassa, riittäisikö useamman pienemmän rakenteen sijasta yksi varastotilavuudeltaan suurempi rakenne ja onko olemassa olevien katupuiden poistaminen tai siirtäminen hulevesirakenteiden tieltä perusteltua? Minkälaisilla rakenteellisilla ja kasvualustaan liittyvillä ratkaisuilla taataan sekä paras mahdollinen toimivuus hulevesien puhdistuksen kannalta, että kelvolliset olosuhteet kasvillisuudelle? Entä asettavatko maaperä tai maanomistajuus erityisiä rajoitteita tai mahdollisuuksia rakenteille? Näitä kysymyksiä pohditaan lisää luvussa 4.

3.2.2 Rakenne ja materiaalit

Kirjallisuuskatsauksen, hankkeen tavoitteiden, partnerien kanssa käytyjen keskustelujen sekä saatujen lähtötietojen perusteella päädyttiin Latokartanonkaarella ja Agnes Sjöbergin kadulla seuraavissa luvuissa kuvattuihin suunnitteluratkaisuihin.

Latokartanonkaari

Kuvassa 4 on esitetty malliesimerkki Latokartanonkaaren painanteista. Taulukossa 2 on avattu eri osien ja kerrosten tarkoitukset ja tarkemmat funktiot.



Kuva 4. Mallipainanne, Latokartanonkaari (luonnos)

Taulukko 2. Latokartanonkaaren mallipainanteen eri rakenteet (kuten kuvassa 4)

Tarkoitus	Nimi	Tarkempi funktio
Veden keräys, siirtäminen ja poisto	Huleveden sisään ohjaus (eng. <i>inlet</i>)	Veden kuljetus ritaläkaivon / kitakaivon kautta rakenteeseen.
	Salaojaputki	Varmistaa, ettei pohjavedenpinta nouse katurakenteisiin.
	Ylivuotorakenne poistuvalla vedelle (eng. <i>outlet</i>)	Veden ohjaus (rakennettavan mittauskaivon kautta) takaisin hulevesiviemäriin.
Puhdistavat rakenteet ja kasvillisuus	Sadevesikupu	Estää suurempien roskien päätyksen rakenteeseen.
	Korikaivo	Korikaivoksi nimetty, hankkeessa kehitetty rakenne mahdollistaa tutkittavien maaperäseosten pitämisen erillään omissa ”koreissaan”. Korikaivo on kokonaisuudessaan nostettavissa ylös puhdistusta, maaseosten vaihtoa ja mittauksia varten. Korikaivon maaperäseokset puhdistavat saapuvasta hulevedestä epäpuhtauksia.
	Kasvualusta	Kasvillisuustyyppien ja ympäristön vaatimusten mukaan valikoidaan pääasiallinen kasvillisuuden kasvualusta (esim. kantavat kasvialustat tiealueilla).
	Kasvillisuus	Rakenteen tyyppin, puhdistustarpeen ja maisema-arvon mukaan valittu. Myös esim. liikenteen vaatimukset näkyvyyden suhteen, kunnossapito sekä kestävyys haastavissa olosuhteissa huomioidaan kasvillisuuden valinnassa (luku 4.3.4). Mallipainanteessa puiden alle on tarkoitus perustaa ajoittaista kuivuutta ja märkyyttä kestävä niitty.
Mittausjärjestelyt	Sisään tuleva ja ulos lähtevä vesi	Korikaivon yhteydessä on sisään tulevan huleveden mittauspiste. Vasemmassa reunassa, rakennettavasta kaivosta otetaan pois lähtevän, sadevesiviemäriin palautettavan veden näyte.

Agnes Sjöbergin katu

Agnes Sjöbergin kadun kohdalla pohdittiin mahdollisuutta nostaa osa Säynäslahdenpurosta takaisin maanpinnalle kadun ja Helsingin yliopiston kampusalueen kohdalla. Toisaalta mietittiin kadun päässä olevalle kääntöpaikalle sijoittuvaa maanalaista rakennetta, jonka päällä olisi mahdollisesti nurmikivi sekä matalaa maanpeitekasvillisuutta tai yksi katupuu.

3.2.3 Muut suunnittelukysymykset

Suunniteltaessa hulevesirakenteita olemassa olevaan kaupunkirakenteeseen on erityisen tärkeää ottaa huomioon turvallisuus- ja esteettömyysnäkökulmat. Näitä ovat muun muassa liikenteen sujuvuus niin ajo- kuin kevyenliikenteen välillä, pelastusajoneuvojen pääsy rakennusten edustalle sekä huoltoajo. Hulevesirakenteet eivät saa toimia esteenä alueen pelastustoiminnalle, mistä syystä tarvittaviin lähtötietoihin sisällytettiin pelastusteiden sijainnit.

Hulevesirakenne ja sen kasvillisuus tulee suunnitella siten, että sen hoito ja kunnossapito on mahdollisimman vaivatonta ja kustannustehokasta eivätkä estä esimerkiksi lumenaurasta ja -kaatoa tai katujen puhdistusta. Kasvillisuuden tulee sietää mahdollisimman hyvin katu ympäristön hulevesirakenteen olosuhteita, eli vaihtelevia kosteusolosuhteita, rajallista ja usein vähäravinteista kasvialustaa sekä saapuvan huleveden epäpuhtauksia. Kattavaa tutkimusta hulevesirakenteisiin

soveltuvista ja puhdistusteholtaan optimaalisista kasvilajeista ei ole toistaiseksi tehty Suomen olosuhteissa. Tämä lisää kasvivalintojen haastavuutta ja epävarmuutta valmiin hulevesirakenteen toiminnassa.

Retrofit-tyyppisellä hulevesien hallinnan suunnittelulla pyritään ensisijaisesti kohentamaan kohteen soveltuvuutta hulevesien hallintaan, mutta kaupunkiympäristöihin rakennettaville hulevesirakenteille asetetaan usein muitakin tavoitteita. Näitä voivat olla erilaiset toimintamahdollisuudet (esimerkiksi kahlailu, rakenteen äärellä istuskelu), esteettinen ja monimuotoinen kasvillisuus sekä ympäristökasvatus (esim. kyltit, joissa kerrotaan valuma-alueista ja hulevesien hallinnasta). Hulevesirakenteella voidaan siis hulevesien puhdistuksen ja vähentämisen lisäksi saavuttaa muitakin merkittäviä ekosysteemipalveluja eli ekosysteemien toimintojen tuottamia hyötyjä (mukautettu lähteestä: Söderman & Saarela, 2011), kuten lajien ja elinympäristöjen monimuotoisuuden lisäämistä, korkeampaa maisema-arvoa, hiilensidontaa ja mahdollisuuksia luonnosta oppimiseen.

Rakennusaikaiset toimenpiteet tulee tuntea jo hulevesirakenteen suunnitteluvaiheessa, sillä tietyt toimenpiteet vaikuttavat keskeisesti hulevesirakenteeseen. Esimerkiksi olemassa olevan katurakenteen muokkauksen tapauksessa rakenteen vaatimaa kaivuu, kaivannon tukeminen, suojaukset, riittävä etäisyys johtoihin, mahdollisen siirrettävän kasvillisuuden väliaikaisvarastointi sekä mahdolliset liikenteen ohjaustarpeet on huomioitava.

Mikäli valmiin hulevesirakenteen toimivuutta pyritään seuraamaan tutkimuksin, tarvittavat mittausjärjestelyt on suunniteltava rakenteeseen mukaan. Tarvittavat mittaukset (esimerkiksi sisään tuleva ja ulos lähtevä vesi) vaativat omat mittausrakenteensa. Mikäli rakennetta on tarkoitus vertailla toiminnaltaan muihin toteutettaviin rakenteisiin, on tutkimusasetelma suunniteltava huolellisesti etukäteen mittauksen vertailukelpoisuuden takaamiseksi. Tässä tulevat kysymykseen esimerkiksi kohteen koko valuma-alueeseensa nähden sekä seurattavan veden kertymisalueen ja purkukohdan määritettävyyys.

4 Tunnistetut haasteet ja kehitystarpeet

Tässä luvussa keskitytään suunnitteluprosessissa havaittuihin haasteisiin ja kehitystarpeisiin seuraavien osa-alueiden kautta: lähtötiedot (luku 4.1), osaaminen ja iteratiivisuus suunnittelussa (luku 4.2), sovittaminen kaupunkiympäristöön (luku 4.3), ilmastonmuutoksen huomioiminen (luku 4.4), kunnossapito ja kustannukset (luku 4.5) sekä tutkimushankkeen erityispiirteet (luku 4.6).

4.1 Lähtötiedot

4.1.1 Yleistä lähtöaineistoista

Taulukkoon 3 on koottu aineistot, jotka hankkeen aikana saatiin ja joita hyödynnettiin joko kohteiden rajaamisessa tai varsinaisessa suunnittelussa. Helsingin kaupunki oli erittäin kiinnostunut kehittämään hallitsemiaan aineistoja suuntaan, jossa ne vastaisivat parhaalla mahdollisella tavalla hulevesien hallinnan suunnittelutarpeita myös jatkossa. Joidenkin aineistojen kohdalla oli tarpeen tilata tarkempia mittauksia kohteilta, mutta kaikki tarvittava aineisto saatiin lopulta kerättyä suunnittelun tueksi.

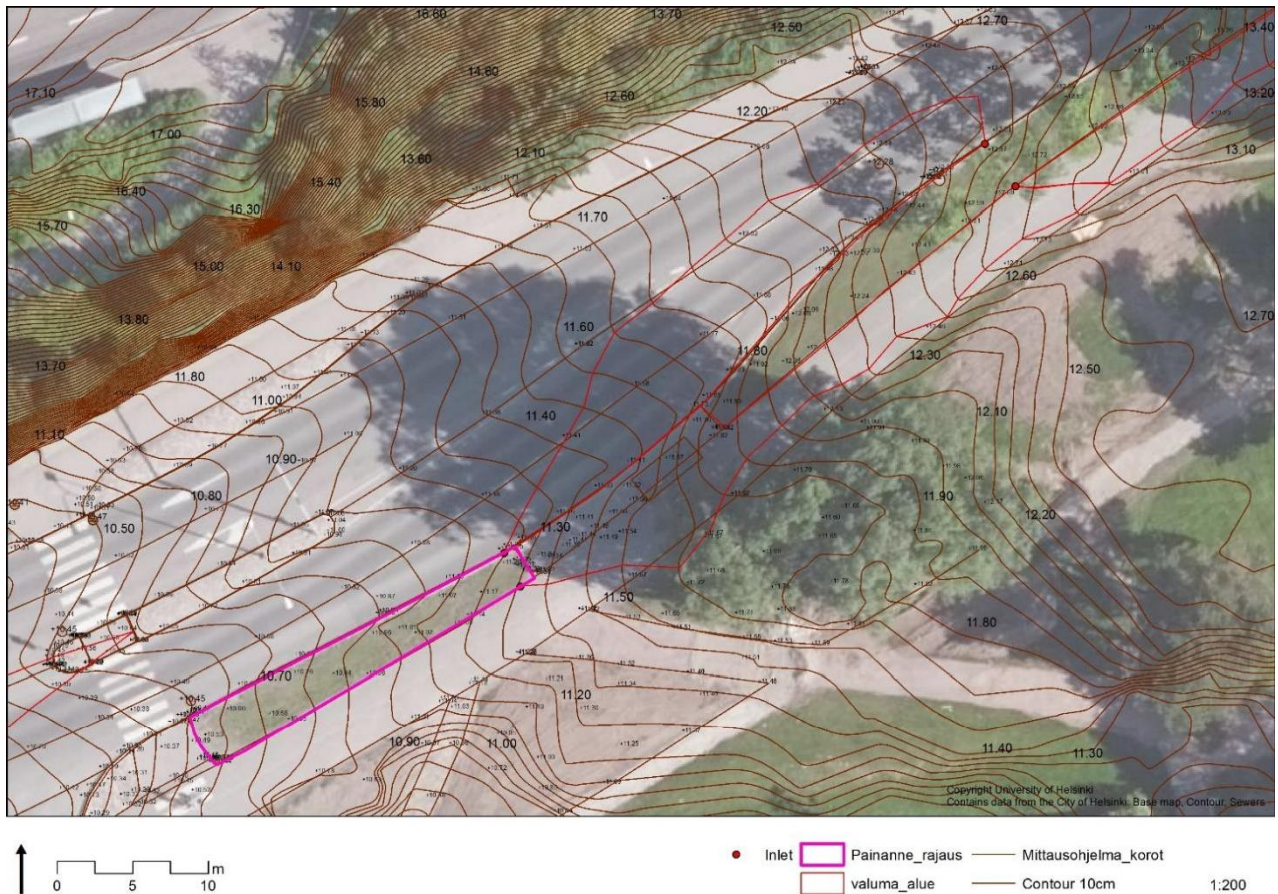
Taulukko 3. Aineistotarpeet ja saatavuus

Aineisto	Saatavuus	Saadun aineiston laatu sekä lisätietoja saatavuudesta
Kantakartta	x	Hyvä; kantakartan mainittiin kuitenkin sisältävän osittain vanhentunutta korkeustietoa
Ilmakuva	x	Hyvä; resoluutio 0,1 m
Korkeustieto	(x)	Alkuperäinen aineisto liian epätarkka; täydennettiin tarkentavilla mittauksilla paikan päällä
Johtotiedot	(x) / -	Alkuperäinen aineisto liian epätarkka; täydennettiin tarkentavilla mittauksilla paikan päällä; yliopistokampukselta ei saatu kattavia johtotietoja; johtojen korkotiedot saatavilla ainoastaan viemäreille
Valuma-alue	(x)	Valuma-alueen rajaukset Säynäslahden purolle saatavilla Helsingin kaupungin karttatietopalvelu Karttapaikasta; osavaluma-alueet rajattiin erikseen
Maaperä	(x) / -	Maaperätiedot osittain puutteelliset; kallioperän korkeudesta ei tietoja
Maanomistajuus	x	Alkuperäisessä maanomistajuutta kuvaavassa aineistossa epäselvyyksiä; ratkesi tarkentavan aineiston myötä
Pelastustiet	(x)	Epäselvyyttä siitä, onko Agnes Sjöbergin katu pelastustie; varmuuden vuoksi tulkittiin sellaiseksi
<i>Merkintöjen selitys: x = aineisto saatavilla; (x) = aineistossa puutteita (katso lisätiedot); - = ei lainkaan saatavilla</i>		

Luvuissa 4.1.2-4.1.6 on käsitelty aineistoihin liittyviä näkökohtia tarkemmalla tasolla. Pääpaino on suunnittelun kannalta oleellisimmissa aineistoissa, joiden saatavuudessa tai tarkkuustasossa havaittiin haasteita.

4.1.2 Korkeustiedot

Helsingin kaupungilta saatu paikkatietomuotoinen, maastomallista muodostettu korkeuskäyräaineisto oli tarkkuudeltaan liian karkea rakennekohtaisten pienvaluma-alueiden rajaukseen. Helsingin karttapalvelusta (Helsingin karttapalvelu, 2017) saatavilla oleva maastomalli on maaston korkeussuhteita esittävää pistetietoa sisältävässä ASCII-*.xyz tiedostomuodossa. Aineiston tarkkuus on laserkeilauksissa tyypillisesti 1 piste 10 cm:n alueella, mikä lienee riittävä tarkkuustaso karkeaan alkuvaiheen suunnitteluun. Tarkkuustaso ei kuitenkaan riitä retrofit-tyyppiseen toteutukseen, missä on korkotasojen suhteen päästävä ”reunakiven tasolle”. Myös valuma-alueet on pystyttävä rajaamaan tarkasti riittävän varastotilavuuden takaamiseksi ja toisaalta ylimitoituksen ehkäisemiseksi. Kuvassa 5 on esitetty esimerkki rakennekohtaisen pienvaluma-alueen rajaamisesta 10 cm:n korkeuskäyrien pohjalta. Käyrät eivät monin paikoin vastanneet maastossa tehtyjä havaintoja pintojen kaadoista ja korkoeroista muun muassa katualueiden reunakiven ja tienpinnan reunakohdassa tai viheralueen puolella. Valuma-alueen rajaaminen osoittautui saatavilla olevan aineiston pohjalta haasteelliseksi, minkä vuoksi kohteiden tarkempi mittaus tilattiin erikseen kaupungin rakennuspalvelu Staralta. Tapaus vahvistaa maastovarmistuksen tärkeyden hulevesisuunnittelussa.



Kuva 5. Painanteiden osavaluma-alueiden määrittämisvaiheessa suunnittelukokouksiin tuotettua työmaterialiaa.

4.1.3 Johtotiedot

Johtokartat pyydettiin Helsingin kaupungilta painanteiden mahdollisten sijaintien määrittämiseksi. Painanteiden sijoittumiseen vaikuttavat sekä viherkaistaleen alla olevat putket ja johdot, että ajoväylän sadevesiviemärit, jotka vaikuttavat huleveden sisään ohjauksen ja ylivuotorakenteen sijainteihin. Saaduissa johtokartoissa ilmeni kuitenkin puutteita ja epäselvyyksiä kaivojen korkojen osalta. Näin ollen tarkemman korkeusaineiston tilauksen yhteydessä tilattiin myös kaivojen korkojen tarkistus Latokartanonkaareltä ja Agnes Sjöbergin kadulta. Tarkistusmittauksissa selvisi muun muassa, että yhden potentiaalisen painanteen kohdalla kaivojen korot johtivat huleveden väärään suuntaan (ohjaten vettä putkiverkosta kitakaivoon eikä toisin päin), mikä on korjattava kyseisen retrofit-kohteen rakentamisvaiheessa.

Vaikka sadevesikaivojen sijainnit ja korot tarkistettiin suunnitteluvaiheessa, muiden johtotietojen kohdalla edetään saatujen aineistojen varassa. Haastattelujen perusteella on valitettavan tavallista, että rakennusvaiheen kaivuussa löytyy johtoja ja putkia, joiden olemassaolosta ei ollut tietoa. Toisaalta saattaa ilmetä, että oletettu johto onkin poistettu käytöstä aiemmin, mutta kaupungin johtotietoja ei tältä osin ole päivitetty. Ilmeni, että johtotiedoissa tapahtuvista muutoksista tiedottaminen on johdot omistavien yritysten vastuulla, mistä johtuen tiedot eivät aina päädy kaupungille. Johtotietojen päivityksessä ja tämän valvonnassa onkin kehitettävää etenkin olemassa olevaan kaupunkirakenteeseen sovitettavien hulevesirakenteiden näkökulmasta.

4.1.4 Valuma-aluerajaukset

Valuma-alueiden rajaaminen on tärkeä osa painanteen suunnittelua, sillä valuma-alueen koko ja laatu vaikuttavat painanteeseen saapuvan huleveden määrään ja laatuun. Valuma-alueen koon määrittäminen on tästä syystä tärkeä osa prosessia, jotta taataan painanteiden riittävä mitoitus (varastotilavuus). Toisaalta huleveden sisään ohjauspisteen sijoittumisella on merkitystä valuma-alueen koolle. Jo valuma-alueita rajattaessa on tiedettävä riittävästi lopullisen painanteen rakenteesta, sillä painanteen valuma-alueen purkupisteenä toimivat painanteen huleveden sisään ohjauskohdat. Suunnittelun edetessä tulikin ilmeiseksi, että rakennekohtaisen osavaluma-alueen rajaaminen on jo osa varsinaista suunnittelua, sillä huleveden sisään ohjauksen sijoittuminen vaikuttaa myös suoraan valuma-alueen kokoon.

Valuma-alueiden rajaukseen on työläiden vuoksi pyritty kehittämään myös paikkatietopohjaisia menetelmiä. Esimerkiksi ArcGIS-ohjelmiston hydrologiaan keskittyvät työkalut (Esri, 2013) on suunniteltu maantieteellisten valuma-alueiden rajaukseen, mutta ne voivat tarjota apua myös osavaluma-alueiden rajaukseen, mikäli käytössä on riittävän tarkka korkeusmalli sekä oikeassa muodossa oleva johtoverkosto. Ohjelmat vaativat kuitenkin lisenssin toimiakseen, minkä lisäksi analyysit vaativat huomattavaa asiantuntemusta sekä aineiston esikäsittelyä onnistuakseen.

4.1.5 Maanomistajuus

Hulevesien hallinta tapahtuisi ideaalitapauksessa valuma-alueella, mutta valuma-alueiden rajat eivät yleensä noudata maanomistuksen rajoja. Hulevesien hallinnan suunnittelussa olisi ekologisesti ja taloudellisesti järkevintä pyrkiä ratkaisuun, joka tarvittaessa ylittää tonttirajat luontaisen hydrologian niin edellyttäessä. Kustannusnäkökulmasta hulevesien hallinnan keskittäminen voisi vähentää tonttikohtaisia suunnittelu- ja toteutuskustannuksia ja siten hulevesien hallinnan kokonaiskustannuksia, joskin ”yhteisomistajuus” saatetaan nähdä haasteellisena tulevan kunnossapidon suhteen. Rakenteiden hoito ja kunnossapito velvoittavat maanomistajaa, kun esimerkiksi niittykasvillisuuden niittäminen ja hulevesirakenteen puhdistaminen tulevat ennen pitkää ajankohtaisiksi.

Maanomistajuus etenkin Latokartanonkaarella oli kaupungin aineistojen pohjalta epäselvää. Saatua aineisto, johon maanomistajuuden rajaukset oli merkitty, jätti paikoin kysymyksiä siitä, onko esimerkiksi osa Latokartanonkaaresta valtionomistuksessa (kuva 6). Myös kaupungin ja yliopiston omistussuhteet raja-alueella (Latokartanonkaaren ja eteläpuolella olevan viheralueen välissä) olivat epäselviä eikä kaupungilla, saati yliopistolla ollut selkeää vastausta kysymyksiin. Asia selvisi kuitenkin tarkistusten ja lisäaineistojen myötä.



Kuva 6. Maanomistajuutta kuvaavassa värikoodauksessa ja tarkoissa rajauksissa esiintyi epäselvyyttä alkuperäisessä aineistossa.

4.1.6 Pelastustiet

Kohteita valitessa heräsi kysymys, toimiiko Agnes Sjöbergin katu pelastusväylänä yliopiston rakennuksille. Tämä vaikuttaisi suoraan suunniteltavan hulevesirakenteen vaatimuksiin, sillä maanpinnan alla sijaitessaan sen tulisi olla kantava eivätkä sen mahdolliset maanpäälliset osat saisi estää pelastusajoneuvojen pääsyä rakennusten luo.

Pelastusväylien sijainnista ei kuitenkaan ole tietoa kaupungilla, pelastuslaitoksella eikä rakennusvalvonnalla. Pelastuslaitoksen mukaan myöskään kaduilla olevan kyltitykseen ei voi luottaa, sillä Pelastustie-kyltin puuttuminen ei takaa sitä, ettei kyseinen tie olisi tarpeen vaatiessa pelastustie. Selvisi, että kaupungin arkistoista voisi löytyä alkuperäisistä alueen suunnitelmista merkintä siitä, onko kyseinen katu pelastustie. Samalla todettiin kuitenkin, että olisi varmuuden vuoksi hyvä suunnitella muutokset niin, että katu toimisi tarvittaessa pelastustienä. Näin ollen Agnes Sjöbergin kadun suunnittelusta jätettiin heti pois maanalaiset rakenteet, jotka eivät olisi pelastusajoneuvon kantavia sekä osin maanpäälliset toteutukset, jotka estäisivät esimerkiksi kasvillisuuden puolesta pelastusajoneuvon kääntymisen kadun päässä olevalla kääntöpaikalla. Rakenne ei saisi myöskään estää kulkua viereisen EE-rakennuksen pihalle, minkä toisaalta kävelyteille sijoitetut betoniporsaat tällä hetkellä mahdollisesti estävät (kuva 7).



Kuva 7. Näkymä Agnes Sjöbergin kadun käänköpaikalta EE-rakennukselle (Kuvälähde: Google Maps; Street view)

4.2 Osaaminen ja kommunikaatio

Hulevesien hallinnan suunnittelu on monialainen prosessi, joka vaatii sekä erityisosaamista erillisiltä tieteen ja tekniikan aloilta, että laaja-alaista näkemystä kokonaisuuden hahmottamiseksi. Seuraavassa käsitellään osaamiseen ja kommunikaation liittyviä tekijöitä, jotka vaikuttivat suunnittelun etenemiseen.

4.2.1 Osaaminen

Suunnittelun vaiheessa 1 (Lähtötiedot ja kohteen valinta) havaittiin, että tiettyjen aineistojen muokkaaminen ja hyödyntäminen vaativat erityisosaamista ja erityisiä ohjelmistoja, joita suunnittelijoilla ei välttämättä ole käytössä. Esimerkiksi laserkeilausaineiston muunnoksiin oli pyydyttävä apua Helsingin yliopiston Metsätieteiden laitoksen GIS-työryhmältä. Vaikka aineistoja on yleisesti tarjolla, hulevesien hallinnan suunnittelussa saattaa esteeksi muodostua näiden aineistojen hyödyntämisen vaatima osaaminen ja resurssit. Esimerkiksi laserkeilausaineiston korkeusmalliksi kääntäminen vaatisi oman TerraScan-ohjelmistolisenssin, joka saattaa olla liian kallis yksittäiselle tutkimus- tai suunnitteluhankkeelle. Suunnittelua hidasti myös se, ettei ollut lähtökohtaisesti tiedossa, millä tarkkuustasolla ja missä muodossa eräitä aineistoja tulisi tai voisi hankkia. Nämä asiat selkiytyivät vasta suunnittelun edetessä ja kokemuksen karttuessa.

Yleisesti on todettava, ettei hulevesien hallinnan suunnitteluun ole juurikaan saatavilla valmiita käyttökelpoisia malleja kuten tarkkoja leikkauskuvia ja periaatekaavioita tai selkeästi raportoituja, helposti tulkittavia malliesimerkkejä. Tämä lisää hulevesien hallinnan kustannuksia kunnille, sillä suunnitteluun ei tällä hetkellä ole tarjolla hyväksi havaittuja standardiratkaisuja, joiden pohjalta olisi mahdollista vaivattomasti räätälöidä Suomen olosuhteisiin soveltuvia aluekohtaisia ratkaisuja.

Hulevesirakenteiden sijoittamiseen olemassa olevaan kaupunkirakenteeseen niin sanottuina retrofit-sovelluksina on tarjolla vielä vähemmän valmiita ohjeita. Suomessa tehdyistä esimerkeistä vuonna 2013 Meiramitielle ja Tikkurilantielle rakennetut, rakenteeltaan vaihtelevat biosuodatusalueet lienevät tunnetuimpia hulevesien hallinnan retrofit-hankkeita, joka rakennettiin saneerauksen yhteydessä ajoväylän ja kevyenliikenteenväylän välisille viherkaistoille (Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas, 2014b; Lehikoinen, 2015). Vastavalmistuneiden painanteiden toimivuutta hulevesien laadullisessa ja määrällisessä hallinnassa tutkittiin, ja niiden havaittiin päästävän etenkin alkuvaiheessa runsaasti ravinteita, mutta myös kiintoainetta, sameutta sekä raskasmetalleja, rakenteista poistuvaan veteen (Lehikoinen, 2015). Suurin kuormitus johtui käytetystä kasvualustasta, mutta toisaalta havaittiin pelkän hiekkasuodatuksen toimivan heikosti etenkin ravinteiden pidättymisessä. Lehikoinen (2015) diplomityössä raportoitii myös suhteellisen tarkat tekniset piirustukset painanteille. Rakenteet erosivat kuitenkin merkittävältä osin (mm. puhdistusmateriaalien sijoittuminen, kasvualustat, kasvillisuus) Latokartanonkaarelle suunnitelluista painanteista, eivätkä tästä syystä soveltuneet suoraan malliksi hankkeeseen. Käytännössä jokainen retrofit-hankkeensa onkin toki oma suunnittelutehtävänsä, sillä paikallisten olosuhteiden lisäksi tavoitteet vaikuttavat voimakkaasti ratkaisuihin.

4.2.2 Kommunikaatio

Kommunikaation havaittiin vaikuttavan merkittävästi kandidaatintyössä tarkastellun suunnitteluprosessin etenemiseen. Suunnittelukokoukset, joissa oli paikalla suunnitteluryhmän lisäksi Helsingin kaupungin rakennusviraston infrastruktuuri- ja vesihuoltoasioiden asiantuntija, koettiin erityisen tuottaviksi. Havaittiin, että suunnittelun edistämiseksi olisi tärkeää säilyttää jatkuva keskusteluyhteys tärkeimpien yhteistyötahojen kanssa, joka tässä hankkeessa oli rakennusvirasto. Sopivaksi tapaamistiheydeksi muodostui vaiheessa 2 (Konseptuaalinen suunnittelu) noin 1-2 kertaa kuukaudessa, minkä lisäksi tiedonvaihtoa tapahtui puhelimitse ja sähköpostitse.

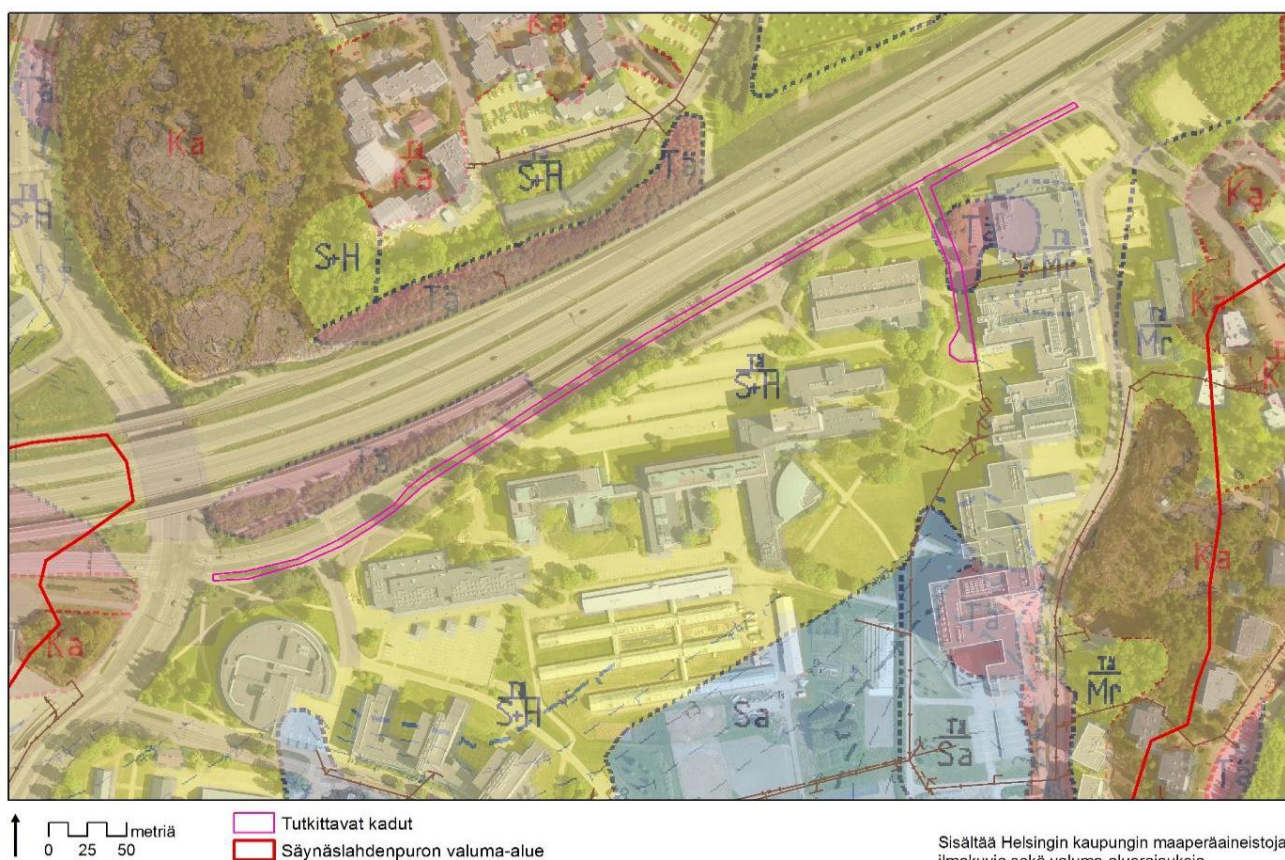
Tarkasteltu hulevesien hallinnan suunnitteluprosessi oli luonteeltaan iteratiivinen. Toisin sanottuna partnerien kanssa käydyt suunnittelukokoukset sekä uudet lähtötiedot tarkensivat tai käänsivät suunnittelun suuntaa, minkä pohjalta suunnitelmaa kehitettiin edelleen aina seuraavaan kokoukseen. Iteratiivisuus on tyypillistä suunnitteluprosesseille yleisesti, mutta se havaittiin erityisen ominaiseksi toimintatavaksi tarkastellussa retrofit-hankkeessa.

4.3 Sovittaminen kaupunkiympäristöön

4.3.1 Maanomistajuusrajojen ylittäminen valuma-alueen suunnittelussa

Kuten luvussa 3.1.3 mainittiin, hulevesien hallinta tapahtuisi ideaalitapauksessa valuma-alueen tasolla, tonttirajat ylittäen. Latokartanonkaari ja Agnes Sjöbergin katu rajautuvat Helsingin yliopiston Viikin kampusalueeseen ja ovat sikäli mielenkiintoinen tutkimuskohde myös hulevesien hallintaa määrittelevän maanomistajuuden näkökulmasta. Latokartanonkaaren osalta käytiin keskustelua muun muassa mahdollisuudesta ohjata hulevesipainanteista vettä jatkokäsittelyä varten Helsingin yliopiston alueelle, jolloin sitä ei täytyisi kenties lainkaan ohjata sadevesiviemäriin. Maaperä on kuitenkin katualueilla ja niiden ympäristössä suureksi osaksi täyttömaata sekä huonosti läpäisevää savensekaista maata (kuva 8). Näin ollen imeytys olisi maaperässä haastavaa. Tästä syystä ympäröivälle viheralueelle suunniteltu kivipesä painanteista pois lähtevän huleveden imeyttämiseen jätettiin pois suunnitteluratkaisusta. Imeyttämislle lisähaasteita olisivat tuoneet myös lähellä

sijaitsevat rakennukset sekä maanalaiset rakenteet. Hulevesien hallinnan jako maanomistajien kesken koettiin edelleen haasteelliseksi.



Kuva 8. Maaperä kohteiden ympäristössä. (Ka = kallio, Mr = moreeni, Sa = savi, Tä = täyttömaa)

Agnes Sjöbergin kadun kohdalla pohdittiin alustavasti mahdollisuutta palauttaa Säynäslahden puroa sadevesiviemäristä osittain maanpinnalle (eng. *stream daylighting*) Agnes Sjöbergin kadun ja Helsingin yliopiston kampuksen alueilla. Puron luontainen uoma jatkaisi nimittäin kampuksen läpi yliopistojen tutkimuspeltojen sekä luonnonsuojelualueiden kautta lopulta Vanhankaupunginlahteen. Säynäslahdenpuron osittainen ennallistaminen voisi merkittävästi parantaa valuma-alueen tilaa, joka määritettiin vuonna 2004 välttäväksi mutta toisaalta luonnonsuojeluarvoiltaan korkeaksi (Helsingin kaupungin rakennusvirasto, 2007).

Lähtötietojen tarkentuessa havaittiin sadevesiviemärien olevan maanpinnan tasoon nähden osalla kampusta sopivalla korkeustasolla, kun taas Helsingin kaupungin alueella liian syvällä, jotta puron palauttaminen maanpinnalle onnistuisi. Hulevesilainsäädäntö ei tällä hetkellä edellytä kaupunkipurojen suojelua, mutta puron ennallistaminen olisi kuitenkin ollut Helsingin kaupungin toiveissa. Ennallistamisen havaittiin kuitenkin olevan maanomistusalueilla erittäin haastavaa johtuen yliopiston eriävistä tavoitteista maankäytön suhteen muun muassa tutkimuspeltojen alueella. Näin ollen puron ennallistamisesta suunnitteluratkaisuna luovuttiin toistaiseksi. Kaupunkipuron ennallistaminen edellyttää sekä teknistä toteutettavuutta että maanomistajien halukkuutta.

4.3.2 Infrastruktuuuri

Suunnittelun myötä konkretisoitui, ettei sadevesiviemärien ja muun johtoverkoston suunnittelussa ole huomioitu lainkaan mahdollisuutta, että hulevesiä voitaisiin tulevaisuudessa hallita luonnonmukaisemmin tai hyödyntää hulevesiä esimerkiksi johtamalla niitä viherkaistaleiden katupuiden käytettäväksi. Kitakaivoja oli sijoitettu Latokartanonkaarelle suhteellisen tiuhaan, noin 40 metrin välein. Paikoin niiden määrä vaikutti jopa ylimitoitetulta tarpeeseen nähden.

Suunnittelun edetessä pohdittiin, olisiko painanteiden määrää mahdollista rajoittaa ja ohjata samalla katujen hulevesiä kohdennetusti valuma-alueeltaan yksittäisten kitakaivojen rajaamia osavaluma-alueita suurempiin rakenteisiin. Tämä edellyttäisi kuitenkin olemassa olevien kaivojen osittaista tukkimista, jotta suurempi osa kadun hulevedestä saataisiin painanteiden käsiteltäväksi. Tämä ei saanut merkittävää kannatusta, sillä olemassa oleva viemäriverkosto nähtiin toivottuna säilyttää.

Toinen nykyisiä suunnittelukäytäntöjä kyseenalaistava ehdotus oli painanteiden läpi johdetun huleveden palauttaminen ajoväylälle kohdissa, joissa ylivuodon ohjaaminen hulevesiviemäriin olisi vaikeaa ilman kalliita muutoksia. Mikäli painanteen läpi kulkenut hulevesi olisi mahdollista palauttaa ajoväylälle, jonka reunassa se nykyiselläänkin virtaa rankkasateella, se kulkeutuisi joko seuraavaan kitakaivoon tai seuraavan painanteen huleveden sisään ohjauskohdasta aukosta edelleen puhdistettavaksi. Toisaalta riskinä nähtiin katualueen liettyminen ylivuotorakenteen kohdalla. Painanteen puhdistustehosta sekä sateen rankkuudesta riippuen ulos tulevan huleveden laatu voisi vaihdella merkittävästikin, mikä puolestaan voisi aiheuttaa haasteita kunnossapidolle. Näin ollen painanteiden tulisi joko varmasti käsitellä koko niihin johdettava vesimäärä tai vaihtoehtoisesti niiden ylivuoto tulisi voida johtaa viemäriverkkoon.

Haasteeksi ajoväylien viherkaistaleiden hyödyntämiselle retrofit-hulevesirakenteisiin havaittiin myös johtoverkoston kattavuus kyseisillä alueilla. Monin paikoin noin 25 metrin painanteen sijoittaminen viherkaistaleelle oli soveltuvien huleveden sisään ohjauksen ja ylivuotorakenteen sekä muiden johtojen sijainnin puolesta mahdotonta (kuva 9). Helsingin kaupungin mukaan tiettyjen johtojen siirtämisestä on mahdollista keskustella, mutta esimerkiksi kaukolämpöputket estävät lähes varmasti rakentamisen.

4.3.4 Kasvillisuuteen liittyvät kysymykset

Kasvillisuusvalinnat

Katualueet ovat erityisen haastava ympäristö kasvillisuudelle kasvualustan rajallisuuden ja mahdollisen tiivistymisen, sateiden mukaan vaihtelevien kuivuus- ja kosteusolojen, ravinteiden niukkuuden, erilaisten hulevesien ja ilman mukana tulevien epäpuhtauksien sekä mahdollisten mekaanisten vaurioiden vuoksi (esimerkiksi lumenauraus). Romanin ja Scatenan (2011) mukaan katupuiden keskimääräinen eliniän odote on vaikeiden olosuhteiden vuoksi huomattavasti madaltunut, keskimäärin 19-28 vuotta. Kasvillisuusvalinnoissa hulevesipainanteita varten on tästä syystä mietittävä yhtäältä kasvilajien selviämisedellytyksiä painanteen haastavissa olosuhteissa ja toisaalta niiden tarjoamaa puhdistustehoa. Myös kasvillisuuden esteettiset ominaisuudet sekä kunnossapitotarve tulee luonnollisesti huomioida kasvivalinnoissa.

Hulevesipainanteisiin soveltuvasta kasvillisuudesta on tehty vähäisesti tutkimusta Suomen oloissa, joissa talviaikaiset olosuhteet luovat erityisiä haasteita kasvillisuudelle. Kasvillisuuden valinnassa yksi merkittävimmistä selviytymiseen liittyvistä kysymyksistä on kasvien kosteudensietokyky etenkin ajoittain tulvivissa rakenteissa, sillä kasvillisuudella on havaittu erittäin suurta vaihtelua seisovan veden sietokyvyssä (Cappiella et al. 2008). Myös haitta-aineiden, kuten raskasmetallien ja tiesuolan, sietokyky vaikuttaa selviytymiseen hulevesirakenteessa. Tutkimusten mukaan paikallisiin ilmasto-oloihin sopeutuneella kasvillisuudella on havaittu olevan myös hyvä puhdistusteho (Cappiella, Schueler & Wright, 2006; Glaister, Fletcher, Cook & Hatt, 2014; Lundholm, Heim, Tran & Smith, 2014). Mikäli näin on, hulevesirakenteisiin kannattaisi mahdollisesti valita sellaisia lajeja, joiden luontaiset kasvupaikat muistuttavat hulevesirakenteen kosteusoloja.

Suurimman osan aikaa kuivana pysyvän hulevesirakenteen kasvillisuutta suunniteltaessa voidaan pyrkiä suosimaan kasvilajeja, joka luonnonolosuhteissa tulisivat toimeen vuoroin kosteassa ja kuivassa maaperässä. Muun muassa kosteilla niityillä viihtyvän mesiangervon (*Filipendula ulmaria*; Luontoportti, 2017b) on tutkittu poistavan hulevesistä etenkin raskasmetalleja (Fritioff & Greger, 2003). Vesistöjen äärellä kasvava rantakukka (*Lythrum salicaria*; Luontoportti, 2017a) pärjää myös luontaista kasvupaikkaansa kuivemmissä olosuhteissa, ja on tästä syystä myös suosittu koristekasvi. Sen soveltuvuutta hulevesien hallintaan olisi syytä tutkia erilaisissa kosteusoloissa. Kukkivat lajit ovat näyttäviä ja suosivat pölyttäjiä sekä perhosia, mistä syystä ne voisivat soveltua kaupunkiympäristön hulevesirakenteeseen myös muiden tarjoamiensa ekosysteemipalvelujen ansiosta (luku 3.3.5).

Heinä-, sara- ja vihviläkasveista löytyy kosteusvaatimuksiltaan lukemattomia potentiaalisia lajeja, joiden soveltuvuutta hulevesien laadulliseen hallintaan olisi hyödyllistä tutkia. Esimerkiksi heinäkasveihin kuuluva korpikastikka (*Calamagrostis purpurea* ssp. *phragmitoides*; Jyväskylän yliopiston avoin yliopisto, 2017) viihtyy rannoilla ja niityillä. Sarakasveihin kuuluvan, soilla ja ojissa viihtyvän luhtavillan (*Eriophorum angustifolium*; Jyväskylän yliopiston avoin yliopisto, 2017b) on havaittu parantavan hulevesien laatua (Stoltz & Greger, 2002), mutta sitä ei ole vielä tutkittu Suomen olosuhteissa. Myös korvissa, ojissa sekä puronvarsilla kasvava korpikaisla (*Scirpus sylvaticus*; Luopioisten kasvisto, 2016a) voisi olla näyttävä kasvi kosteampiin hulevesirakenteisiin. Røyhyvihvilä (*Juncus effusus*; Luopioisten kasvisto, 2016b) puolestaan kasvaa luonnostaan rannoilla ja ojissa, sekä vedessä että kosteassa maassa.

Kotimaisista puu- ja pensaslajeista on tehty valitettavan vähäisesti tutkimusta soveltuvuudesta hulevesien hallintaan. Kasvupaikkavaatimuksiltaan erityisesti tervaleppä (*Alnus glutinosa*) on potentiaalinen laji hulevesien hallintaan, sillä se viihtyy hyvin kosteilla paikoilla. Toisaalta se voi kärsiä hulevesirakenteessa mahdollisesti ajoittain esiintyvistä kuivuudesta (Riikonen, Lindén, Pulkkinen & Nikinmaa, 2011). Myös pajujen (*Salix spp*) on havaittu soveltuvan hulevesien hallintaan (Stoltz & Greger, 2002), joskin katu ympäristöön näkyvyyden vuoksi paremmin sopivista puumaisista pajuista ei ole tutkimusta.

Kasvualustaa valitessa tulee huomioida toisaalta riittävä ravinnepitoisuus kasvillisuuden vaatimuksia ajatellen ja toisaalta rakenteesta pois lähtevän huleveden mahdollisimman vähäinen kasvualustasta johtuva ravinnekuormitus. Kasvualustan valinta onkin haasteellinen kysymys, sillä rakenteen puhdistustehon priorisointi voi johtaa huonompiin selviämisedellytyksiin kasvillisuudelle, mikäli huleveden mukanaan tuoma ravinnelisyys ei riitä kasvillisuudelle. Toisaalta vähän kuormitusta aiheuttava, hiekkapitoinen kasvualusta saattaa poistaa huonommin huleveden epäpuhtauksia, kuten Lehikoinen (2015) havaitsi Vantaan biosuodatuspainanteissa. Toinen rakenteen suunnitteluun ja toimintaan liittyvä kysymys on, onko mahdollista poistaa rakenteeseen saapuvasta hulevedestä raskasmetallit, tiesuola, öljyt ja muut kasvillisuudelle mahdollisesti haitalliset yhdisteet ennen kasvualustaan johtamista, mutta säilyttää kuitenkin ravinteet kasvillisuuden käyttöön. Tällaisia kasvillisuuden huomioon ottavia ratkaisuja ei ole vielä tutkittu.

Agnes Sjöbergin kadulla tuli kysymys kasvualustan riittävästä koosta katupuuta ajatellen. Kääntöpaikan keskelle jäävä tila havaittiin pelastusajoneuvon kääntösäteen huomioiden liian niukaksi, joten rakenteen suunnittelussa pyrittiin suosimaan maanalaista rakennetta sekä maanpinnanmyötäistä kasvillisuutta.

Olemassa oleva kasvillisuus

Keskusteltaessa Latokartanonkaaren painanteiden mahdollisista sijainneista heräsi keskustelua olemassa olevan kasvillisuuden säilyttämisestä. Maastokäynnillä rakennusviraston katupuuasiantuntija Juha Raisonin kanssa 23.6.2016 tarkistettiin kadun viherkaistaleen pensaiden ja katupuiden kuntoa ja pohdittiin, olisivatko parantunut hulevesien hallinta ja monipuolistuva kasvillisuus riittävä peruste olemassa olevan kasvillisuuden poistamiselle tai siirtämiselle.

Keskustelua heräsi siitä, olisiko viherkaistaleille, joilla kasvaa entuudestaan katupuita tai pensaita, ylipäänsä perusteltua perustaa painanteita. Olemassa oleva kasvillisuus on perustettu paikalle ja sitä on hoidettu, mistä syystä sillä on sellaisenaan taloudellista arvoa. Olemassa olevalla, jo vakiintuneella kasvillisuudella on myös ekologinen ja maisemallinen arvo, jota vaihtoehtoinen, pienikokoisemmilla kasveilla perustettava kasvillisuus ei vielä pitkään aikaan tulisi lunastamaan. Toisaalta kasvillisuus voisi suunnittelun myötä monipuolistua ja saavuttaa ennen pitkää suuremman maisemallisen ja ekologisen arvon, puhumattakaan pääasiallisesta tavoitteesta lisätä luonnon mukaista hulevesien hallintaa.

Mikäli koetaan, että kasvillisuutta on mahdollista uudistaa hankkeen perusteella, seuraavana kysymyksenä heräsi, onko puita ja pensaita kannattavampaa siirtää kasvamaan lähialueelle vai poistaa kokonaan. Tässä tulevat kysymykseen puiden lähtökohtainen kunto, soveltuvien istutuspaikkojen läheisyys sekä siirron kustannukset. Latokartanonkaaren vuorijalavat (*Ulmus glabra*) ovat osin huonokuntoisia kasvettuaan mahdollisesti liian ahtaassa tai varjoisassa paikassa. Kuten

edellisessä luvussa kuvattiin, katupuiden olot ovat toki myös yleisesti haastavia tilan puutteen, vaihtelevien kosteusolojen, maa-alustan tiiviyyden, ravinteiden puutteen ja muun muassa tiesuolojen vuoksi. Näin ollen myös uutena istutettavat puut saattaisivat kärsiä samoista haasteista.

Vuorijalavat kärsivät etenkin Euroopassa hollanninjalavataudista (*Ophiostoma ulmi* ja *Ophiostoma novo-ulmi*), joka on aiheuttanut suuria taloudellisia tappioita jalavia tappamalla (Evira, 2016). Tauti esiintyy jo kaikissa EU-maissa Suomea lukuun ottamatta, jonne sen vektoreina eli levittäjinä toimivat kaarnakuoriaiset (*Scolytus multistriatus*, *S. laevis* ja *Hylurgopinus rufipes*) eivät vielä ole levinneet (Evira, 2016). Helsingissä vuorijalavia ei vaihdeta muihin puulajeihin taudin pelossa. Toisaalta vuonna 2010 julkaistun Helsingin kaupunkikasvioppaan mukaan ”Vuorijalavan (*Ulmus glabra*) istuttamista kaupunginosan katualueiden pääpuulajiksi vältetään jalavataudin vaaran ja jalavanpakurin vuoksi” (Tegel, 2010). Mikäli uhka nähdään yhä ajankohtaiseksi, voisi myös Latokartanonkaaren katupuuston monipuolistaminen olla perusteltua etenkin huonokuntoisten puiden osalta. Tästä lähtökohdasta lähdettiin edistämään suunnittelua, joka Latokartanonkaarella perustuu mahdollisuuden tarvittaessa uudistaa tai siirtää olemassa olevaa kasvillisuutta.

Latokartanonkaaren alkupäässä (Infokeskus Koronan pohjoispuolella) sijaitsevan viherkaistaleen pensasangervot (*Spiraea*) olivat tarkastushetkellä kunnoltaan melko hyviä, mutta istutusalue oli paikoin rikkaruohottunut. Näin ollen myös näiden uudistamista tai siirtämistä luvattiin harkita suunnittelun näin edellyttäessä. Kohde on myös merkittävä saapumisväylä Viikkiin muun muassa Helsingin keskustasta tultaessa, joten sen kasvillisuus saisi Raisen mukaan olla näyttävämpääkin. Agnes Sjöbergin kadun kääntöpaikalla ei tällä hetkellä ole kasvillisuutta.

4.3.5 Muut ekosysteemipalvelut

Latokartanonkaaren tapauksessa hulevesipainanteilla on tarkoitus osittain korvata ajoväylän ja jalkakäytävän välistä viherkaistaletta, jossa kasvaa tällä hetkellä vuorijalavia ja nurmikkoa. Näin ollen kohteen ekologista merkitystä on mahdollista lisätä kasvillisuutta monipuolistamalla. Myös rakenteen maisema-arvo ja esteettisyys ovat tärkeitä tekijöitä, sillä kyseessä on keskeinen kulkuväylä Viikissä. Keskeinen sijainti kampusalueen ja palvelujen tuntumassa tarjoaa potentiaalia myös ympäristökasvatukselle, sillä alueella liikkuu runsaasti yliopiston opiskelijoita ja henkilökuntaa sekä asukkaita.

Retrofit-hankkeisiin saattaa kohdistua muihin hulevesihankkeisiin nähden jopa korkeampia vaatimuksia, sillä olemassa olevan kaupunkitilan muutos vaatii merkittäviä taloudellisia panostuksia ja se huomataan varmasti. Näin ollen sen on oltava erityisen hyvin perusteltu. Voidaan siis olettaa, että kaupunkiympäristöön lisättävän rakenteen tulisi olla toiminnallisempi, ekologisempi ja esteettisempi kuin rakentamista edeltävä tilanne. Pilottihankkeille on myös luonteenomaista, että toteutettavien rakenteiden toivotaan olevan näyttäviä ja tarjoavan edustavan mallin tuleville hankkeille.

4.4 Ilmastonmuutoksen huomioiminen

Ilmastonmuutoksen on ennustettu lisäävän etenkin talviaikaisia sademääriä Suomessa (Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas, 2014a). Kasvaneet sademäärät on huomioitava myös hulevesirakenteiden varastotilavuuden mitoituksessa. Ilmastonmuutos voi tuoda kapasiteetin lisäystarvetta myös olemassa olevalle hulevesi-infrastruktuurille. Mahdollisesti joudutaan suurentamaan ja lisäämään viemäreitä ja rakentamaan niiden ohelle esimerkiksi tasaus- ja

laskeutusaltaita (Kuntaliitto, 2012). Alueilla, jotka edelleen perustuvan sekaviemärointiin, kuten Helsingin kantakaupunki, Munkkiniemi ja Herttoniemi, on jo alettu vaiheittain saneeraamaan sekaviemäreitä erillisviemäroinnin pariin (Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2016). Kyseisten kaupunginosien katurakenne on melko tiivistä ja estää monin paikoin etenkin kadunvarsipainanteiden rakentamisen. Infrastruktuurin tarvetta voitaisiin kuitenkin vähentää pyrkimällä käsittelemään osa syntyvistä hulevesistä syntypaikallaan, esimerkiksi rakennusten piholla, viherkatoilla (Kuntaliitto, 2012) tai maanalaisilla hulevesien hallintarakenteilla (esimerkiksi kennostoilla).

Ilmastonmuutos voi aiheuttaa myös lisääntyntä routimista lämpimämpien talvisäiden ja vähäisemmän lumipeitteen vuoksi sekä pohjaveden tason vaihtelua, mikä voi aiheuttaa pohjaveden nousua katurakenteisiin (Kuntaliitto, 2012). Nämä seikat on hyvä pitää mielessä hulevesirakenteiden routasuojasta sekä salaojitusta suunniteltaessa.

4.5 Kunnossapito ja kustannukset

Tutkimustoimintaa ja uusia ratkaisuja pilotoivat hankkeet ovat yleensä normaalia kalliimpia. Suunnittelun aikana pidettiin kuitenkin tärkeänä, että kehitetyt rakenteet olisivat mahdollisimman helposti toteutettavissa ja toistettavissa muissa soveltuvissa kohteissa.

Myös rakentamisen jälkeiset ylläpitokustannukset ovat etenkin hulevesirakenteissa korkeammat, sillä ne vaativat ajoittaista puhdistusta ja mahdollisesti tavallisesta poikkeavaa kasvillisuuden hoitoa. Kunnossapidon kustannukset nähtiinkin yhdeksi keskeiseksi kustannuksiin vaikuttavaksi tekijäksi. Hulevesirakenteen puhdistuskustannukset tuovat merkittäviä kuluja, joskin yleensä vasta vuosien päästä rakentamisesta. Tarvittavan kunnossapidon määrä ei kuitenkaan ole entuudestaan tiedossa, kun kyseessä on uudenlainen ratkaisu, josta ei ole vielä kertynyt kokemuksia. Tärkeänä pidettiin kuitenkin, että rakenteen puhdistus olisi mahdollista tehdä koneellisesti. Myös viherkaistaleen muuntaminen nurmipinnasta kerran tai pari kertaa kesässä käsin niitettäväksi niityksi vaikuttaa kunnossapidon suunnitteluun ja kustannuksiin.

4.6 Tutkimushankkeen erityispiirteet

4.6.1 Mittaukset

Ideaalitapauksessa painanteen toiminnan (hulevesien määrällinen ja laadullinen hallinta) tutkimiseksi olisi mahdollista mitata sisään tuleva ja ulos lähtevä vesi jatkuvatoimisella mittauksella. Todellisuudessa, kuten edellä mainittiin, suunniteltujen painanteiden osavaluma-alueet ovat niin pieniä, ettei painanteeseen tulisi todennäköisesti riittävästi vettä rakenteesta poistuvan veden laadun mittaamiseksi. Tämä on toisaalta positiivinen asia, sillä se kertoo rakenteen tehokkaasta hulevesien määrällisestä hallinnasta. Toinen ehdotettu ratkaisu painanteiden puhdistustehon eli laadullisen hallinnan mittaamiseksi olisi korikaivon maaperäseosten säännöllinen analysointi näyttein.

Painanteita on tarkoitus toteuttaa useampi, joissa maaperäseosten ja kasvillisuuden kombinaatiot vaihtelevat. Tutkimusasetelmassa tulee standardisoida osa muuttujista vertailukelpoisten tulosten aikaansaamiseksi. Näitä voivat olla esimerkiksi valuma-alueen koko, varastotilavuus, puiden lukumäärä jne. Painannekohtaisten osa-valuma-alueiden kokoon ei kuitenkaan voida vaikuttaa merkittävästi, sillä painanteen ylivuoto on saatava liitettyä sadevesiviemäriin, mikä rajoittaa mahdollisia sijainteja painanteille. Erilaisia kasvualustojen, suodatusrakenteiden ja

kasvillisuustyyppien sekoituksia on lukematon määrä ja jokaista tulisi toistaa yksilökohtaisten erojen karsimiseksi. Tämä tekee hulevesien hallintarakenteiden vertailututkimuksista erittäin kalliita, minkä vuoksi ei olekaan juuri tehty.

4.6.2 Kokeellisuus ja innovaatiot

Osa käytettävistä materiaaleista ja ratkaisuista on hankkeissa ja hulevesien hallinnan erityisratkaisujen osalta yleisestikin yritysten kehittämää innovaatioita, joiden ominaisuudet ja toimintaperiaatteet ovat liikesalaisuuksia. Näin ollen ne on jätetty tämän työn ulkopuolelle. Tutkimushankkeelle on myös ominaista, ettei kaikkien suunnitelmissa esiintyvien rakenteiden tehosta hulevesien hallinnassa ole vielä kokemuksia, mikä lisää luonnollisesti vaihtelua rakenteiden mittauksista saatavissa tuloksissa.

5 Loppupäätelmät

Tässä työssä tarkasteltiin hulevesien hallinnan suunnitteluprosessin eri vaiheita sekä tunnistettiin prosessissa ilmenneitä haasteita ja kehitystarpeita erityisesti retrofit-sovellusten kannalta. Suunnittelua tehtiin kahdella katualueella, Latokartanonkaarella ja Agnes Sjöbergin kadulla Helsingin Viikissä. Tärkeimmäksi yhteistyötahoksi suunnitteluprosessin aikana nousi Helsingin kaupungin rakennusvirasto.

Kyseessä ei ollut tavanomainen hulevesien hallinnan suunnitteluprosessi, sillä se tehtiin osana kahta tutkimushanketta. Näin ollen prosessi erosi tavallisesta suunnitteluhankkeesta ainakin aikataulultaan, resursseiltaan, yhteistyötahoiltaan ja tavoitteiltaan. Prosessin kautta voidaan kuitenkin tarkastella hulevesien hallinnan suunnittelussa esiintyviä haasteita, sillä samoja kysymyksiä esiintyy todennäköisesti muissakin luonnonmukaiseen hulevesien hallintaan tähtäävissä retrofit-suunnitteluprosesseissa. Havainnot pätevät etenkin Helsingin kaupungin toimintaympäristöön, mutta niistä löytyy yhtymäkohtia myös muissa kunnissa tehtävään suunnitteluun.

Tarkasteltavassa prosessissa keskityttiin vaiheisiin: 1) lähtötietojen ja kohteen valinta sekä 2) konseptuaalinen suunnittelu. Suunnitteluprosessiin kuuluvat lisäksi vaiheet: 3) toteutussuunnittelu ja toteutusasiakirjojen laadinta, 4) rakentaminen sekä 5) seuranta. Haasteita havaittiin erityisesti lähtötietojen saatavuudessa ja tarkkuustasossa, jota hulevesien hallinnan retrofit-suunnittelu vaatii. Lähtökohtaisesti puutteet luonnonmukaisen hulevesien teknisessä suunnitteluohjeistuksessa sekä osaamisessa viivästyttävät suunnittelua ja lisäävät sen kustannuksia. Toisaalta lisähaasteita suunnitteluun tuo se, että luonnonmukainen hulevesien hallinta tulisi ideaalitapauksessa toteuttaa alueen luontaista hydrologiaa mukailleen, valuma-alueetasolla, mikä ei aina ole mahdollista maanomistusrajojen, infrastruktuurin sekä turvallisuus- ja esteettömyysnäkökulmien vuoksi. Puutteita on myös ymmärryksessä haastaviin hulevesirakenteen olosuhteisiin soveltuvista kasvilajeista, jotka sekä menestyisivät hulevesien hallintarakenteiden haastavissa olosuhteissa, että puhdistaisivat tehokkaasti rakenteisiin tulevaa hulevettä.

Suunnittelussa tulee lisäksi jo etukäteen huomioida tulevat rakennusaikaiset toimenpiteet (esimerkiksi tukeminen), rakentamisen jälkeiset kunnossapitönäkökohdat (kuten toive koneelliselle puhdistukselle) sekä rakenteen toiminnan seurantaan ja muuhun tutkimustoimintaan liittyvät tarpeet (esimerkiksi mittausvälineistö), sillä nämä vaikuttavat suunniteltavan ratkaisun rakenteeseen

ja kustannuksiin. Kaupunkiympäristöön toteutettavassa retrofit-ratkaisussa on myös tärkeää huomioida maisema-arvo sekä muut ekosysteemipalvelut, sillä olemassa olevan rakenteen muuttamiselle tarvitaan usein erityisiä perusteita. Tämä pätee etenkin pilottiratkaisuihin, joiden on tarkoitus toimia mallina tuleville hankkeille.

Luonnonmukaisen hulevesien hallinnan retrofit-hankkeista on vielä toistaiseksi niukasti kokemusta Suomen olosuhteissa. Tässä kandidaatintyössä havaittiin, että retrofit-ratkaisujen suunnittelu on aikaa vievää ja haastavaa. Riittävät suunnitteluun käytetyt resurssit palautuvat kuitenkin kustannustehokkuutena takaisin niin rakentamisessa ja huollossa kuin hulevesien hallinnan kokonaiskustannuksessa. Lisää retrofit-rakenteiden tutkimusta tarvitaan hyväksi havaittujen ratkaisujen ja ohjeistuksen laatimiseksi. Tämä voisi osaltaan vähentäisi tulevien retrofit-hankkeiden suunnittelukustannuksia.

Retrofit-ratkaisut voivat ilmastonmuutoksen myötä todennäköisesti lisääntyvien sademäärien seurauksena muodostua merkittäviksi ratkaisuiksi hulevesien hallinnassa. Retrofit-rakenteita voitaisiin harkita esimerkiksi sekaviemäröintiin perustuvilla alueilla Helsingissä, jossa jo nykyisellään joudutaan kapasiteetin ylittyttyä ajoittain ohijuoksuttamaan jätevesiä puhdistamatta mereen (Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2016). Vuonna 2014 tehty maankäyttö- ja rakennuslain muutos (Finlex, 2014) edellyttää selväsanaisesti hulevesien hallinnan luonnonmukaistamista ja ilmastonmuutokseen sopeutumista. Tähän olisi mahdollisuus osittain vastata luonnonmukaisilla retrofit-hulevesiranteilla, joiden avulla osa syntyvästä hulevedestä voitaisiin hallita suoraan syntypaikalla.

Lähteet

- Cappiella, K., Fraley-McNeal, L., Novotney, M. & Schueler, T. (2008). The Next Generation of Stormwater Wetlands. Center for Watershed Protection. 69 p.
- Cappiella, K., Schueler, T. & Wright, T. (2006). Urban Watershed Forestry Manual. Part 2: Conserving and Planting Trees at Development Sites. USA Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry. 100 p.
- Cunningham S.L., Pregnall, A.M., Schlessman, M.A. & Batur, P. (2009). The Suburban Stream Syndrome: Evaluating Land Use and Stream Impairments in the Suburbs. *Physical Geography*, 2009, 30, 3, pp. 269–284.
- Esri. (2013). Urban Hydrology Modeling Using GIS. Victor de Loza & Nahm H. Lee, Ph.D., Santa Clara Valley Water District. 26.8.2013. <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/08/26/urban-hydrology-modeling-using-gis/> [Viitattu 16.4.2017]
- Evira. (2016). Hollanninjalavatauti: <https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/kasvitaudit-ja-tuholaiset/muita-kasvintuhoojia/hollanninjalavatauti/> [Viitattu 17.4.2017]
- Finlex. (2014). Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta (8/2014; 103 c§). <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140682> [Viitattu 1.5.2017].
- Fritioff, Å. & Greger, M. (2003). Aquatic and terrestrial plant species with potential to remove heavy metals from stormwater. *International Journal of Phytoremediation*, Vol. 5, pp. 211–224.
- Glaister, B.J., Fletcher, T.D., Cook, P.L.M. & Hatt, B.E. (2014). Co-optimisation of phosphorus and nitrogen removal in stormwater biofilters: the role of filter media, vegetation and saturated zone. *Water science and technology*, Vol. 69, pp.1961–1969.
- Helsingin karttapalvelu. (2017). <http://kartta.hel.fi/> [Viitattu 17.4.2017]
- Helsingin kaupungin rakennusvirasto. (2007). Helsingin pienvesiohjelma. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisuja 2007:3 / Katu- ja puisto-osasto. s. 46
- Helsingin yliopisto. (2014). <http://www.helsinki.fi/taajamakeitaat/> [Viitattu 17.4.2017]
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut. (2016). Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2016: Viikinmäen ja Suomenojan puhdistamot. https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Julkaisusarja/1_2017-jatevedenpuhdistus-pkseudulla-2016.pdf, s. 14-44
- Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas. (2014a). Ilmastonmuutoksen vaikutukset. <http://ilmastotyokalut.fi/ilmastonmuutos-ja-kaupungit/ilmastonmuutoksen-vaikutukset/> [Viitattu 1.5.2017].
- Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas. (2014b). Meiramitiellä hallitaan hulevesiä biosuodatuspaineilla. 16.10.2014. <http://ilmastotyokalut.fi/parhaat-kaytannot/hulevesien-hallinta/meiramitien-biosuodatuspaineet/> [Viitattu 1.5.2017].
- Jyväskylän yliopiston avoin yliopisto. (2017). Korpikastikka (*Calamagrostis purpurea* ssp. *phragmitoides*) <http://kasvio.avoin.jyu.fi/laji.php?id=293> [Viitattu 1.5.2017].
- Jyväskylän yliopiston avoin yliopisto. (2017b). Luhtavilla (*Eriophorum angustifolium*). <http://kasvio.avoin.jyu.fi/laji.php?id=255> [Viitattu 1.5.2017].
- Lehikoinen, E. (2015). Kadun vastavalmistuneiden huleveden biosuodatusalueiden toimivuus Vantaalla. Diplomityö. Vesi- ja ympäristötekniikka. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/16663>
- Luontoportti. (2017a). Rantakukka (*Lythrum salicaria*) <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kukkakasvit/rantakukka> [Viitattu 1.5.2017].
- Luontoportti. (2017b). Mesiangervo (*Filipendula ulmaria*) <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kukkakasvit/mesiangervo> [Viitattu 1.5.2017].
- Luopioisten kasvisto. (2016a). Korpikaisla (*Scirpus sylvaticus*) <http://kasvio.avoin.jyu.fi/laji.php?id=252> [Viitattu 1.5.2017].

- Luopioisten kasvisto. (2016b). Röyhyvihvilä (*Juncus effusus*)
<http://www.luopioistenkasvisto.fi/Sivut/Kasvilajit/Royhyvihvila.html> [Viitattu 1.5.2017].
- Lundholm, J., Heim, A., Tran, S. & Smith, T. (2014). Leaf and life history traits predict plant growth in a green roof ecosystem. PLoS One, Jun. 30, 9(6). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4076323/> [Viitattu 1.5.2017].
- Naturhistoriska museet. (1997). Den virtuella floran. Strandråg (*Leymus arenarius* (L.) Hochst).
<http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/leymu/leymare.html> [Viitattu 1.5.2017].
- Rakennustieto. (2010). Kasvillisuusalueiden maatyöt. RT 89-10998. Julkaistu 27.05.2010
- Riikonen, A., Lindén, L., Pulkkinen, M. & Nikinmaa, E. (2011). Post-transplant crown allometry and shoot growth of two species of street trees. Urban Forestry & Urban Greening, Vol. 10, pp. 87–94.
- Roman, L. A. & Scatena, F. N. (2011). Street tree survival rates: Meta-analysis of previous studies and application to a field survey in Philadelphia, PA, USA. Urban Forestry & Urban Greening (2011): 269-274.
- Stoltz, E. & Greger, M. (2002). Accumulation properties of As, Cd, Cu, Pb and Zn by four wetland plant species growing on submerged mine tailings. Environmental and Experimental Botany, Vol. 47, pp. 271–280.
- Kuntaliitto. (2012). Hulevesiopus. Helsinki: Suomen Kuntaliitto. s. 171
- Söderman, T., & Saarela, S. R. (2011). Kestävät kaupunkiseudut–Kriteereitä ja mittareita suunnittelun työvälineiksi. s. 194
- Tegel, S. (2010). Helsingin kaupunkikasviopus. Helsingin kasvisuunnittelun työkalupakki. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2010: 12. Helsinki: Helsingin kaupungin rakennusvirasto. Viitattu 14.3.2017.
- Valtananen, M., Sillanpää, N., Hättinen, N. & Setälä, H. (2010). Hulevesien imeyttäminen ja suodattaminen: haitta-aineet ja menetelmät, STORMWATER -hankkeen kirjallisuusselvitys, 10.10.2010
- VTT Oy. (2015). STORMFILTER – Engineered Infiltration Systems for Urban Stormwater Quality and Quantity, 2015-2017. Verkkosivu: <http://www.vtt.fi/sites/stormfilter> [Viitattu 17.4.2017]